ANNALES
DE
L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

F

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
I. N. R. A.
Station d'Angers
BIBLIOTHÈQUE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE B

ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

GÉNÉTIQUE - SÉLECTION - ÉCOLOGIE
TECHNIQUES CULTURALES

Année 1957

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

QUELQUES DONNÉES SUR LE CLIMAT DU BLÉ DANS LE PROCHE-ORIENT

PAR

Philippe AURIAU

Institut Français de Coopération technique, Station Libano-Française, Tell-Amara.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.
Matériel et Méthodes.
Présentation des résultats.
Analyse des résultats.
Conclusion.

INTRODUCTION

Une étude sur les populations de blé cultivées au Liban, en Syrie et en Jordanie (1) nous a amené à considérer les conditions climatiques, dans lesquelles ces populations se sont développées. Il fallait en effet, préciser les exigences et les aptitudes de ces populations quant aux facteurs climatiques. D'autre part, ces données sont nécessaires, pour tracer les limites des régions qui constituent des milieux agricoles homogènes. Sans préjudice, bien sûr, d'autres considérations, telle que la nature des sols. Et cette connaissance des régions est indispensable, pour se fixer les objectifs de l'amélioration de la culture du blé.

Mais, il importe dès à présent, de préciser, ce que nous entendons par « Proche-Orient » ; ce terme est, en effet, susceptible de changer de sens suivant les auteurs. Pour nous, le Proche-Orient englobe, en gros, les territoires du Liban, de la Syrie et de la Jordanie. Cette conception peut prêter à la critique, par ce qu'elle a d'apparemment arbitraire. Il s'agit, néanmoins, d'une zone nettement originale caractérisée par sa topographie, son climat et sa civilisation agricole.

(1) Voir ci-après *Etude préliminaire sur les populations de blé cultivées dans le Proche-Orient* par R. Lignon et P. Auriau.

Une double chaîne montagneuse, dressée le long du rivage, sépare des influences maritimes les plaines intérieures, qui, vers l'Est, passent progressivement au désert ; et ce sont là les grandes lignes du relief. Les pluies sont concentrées sur la saison froide, l'hiver, ce qui est la définition même du climat méditerranéen, selon le Professeur EMBERGER.

La civilisation agricole est caractérisée par des cultures extensives à base céréalière dans les zones sèches ; et, dans les parties irrigables, par des cultures intensives très variées : vergers, blé, coton, betteraves à sucre, primeurs.

Partout l'araire primitif est l'instrument de base de la culture traditionnelle, pour laquelle le travail à la main est le fondement de la production ; cependant, la mécanisation se développe rapidement dans les grandes plaines ; et vient succéder sans transition à cette économie ancestrale ; la montagne, de son côté, essaie de s'adapter à cette nouvelle situation, en se spécialisant dans les productions exigeantes en main-d'œuvre, telles que : vergers, tabac...

Si l'on considère les pays voisins, l'on constate, qu'ils se différencient de cette région par l'un au moins de ces éléments, et que les frontières politiques, prises pour cadre, correspondent à des limites géographiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données météorologiques, grâce auxquelles ce travail a été effectué, nous ont été communiquées par l'Observatoire de Ksara, en ce qui concerne la Syrie et le Liban ; et nous tenons à remercier les Révérends Pères REY et PLASSARD de leur obligeance.

En ce qui concerne la Jordanie, les renseignements sont tirés d'une Note (non publiée) de M. G. LONG, Agent Régional F. A. O., établie d'après les données du Service Météorologique Officiel ; toutefois, il convient de signaler, que les températures n'ont été relevées que pendant une année, et seulement pour certaines Stations ; pour les autres, l'Expert F. A. O. a eu recours à des approximations, qui ont été utilisées.

La densité des postes, ayant fourni des relevés relatifs aux principaux éléments du climat pendant une période d'au moins dix ans, n'est malheureusement pas toujours suffisante, notamment dans le Hauran et le Nord-Est Syrien.

Dans le dessein de synthétiser les différents facteurs du climat en un seul élément susceptible de permettre des comparaisons simples, on a, pour chaque Station, calculé le quotient pluviothermique du Professeur EMBERGER :

$$Q = \frac{P}{\frac{M + m}{2} \times (M - m)} \times 1000$$

P = pluviométrie annuelle moyenne exprimée en millimètres.
M = moyenne (calculée sur dix ans) des maximas de températures du mois le plus chaud, exprimée en degrés absolus.
m = moyenne (calculée sur dix ans) des minimas de températures du mois le plus froid, exprimée en degrés absolus.

Dans ce quotient :

$\frac{M + m}{2}$ représente la température moyenne annuelle, et

$M - m$ appelé « amplitude extrême des températures » représente l'évaporation [1]. On multiplie par mille pour obtenir des chiffres maniables.

Ce Rapport représente, en somme, le quotient de la pluviométrie par le produit des principaux facteurs d'aridité ; il est d'autant plus élevé que le climat est plus humide ; et ceci permet déjà des comparaisons utiles. Mais il faut tenir compte de la valeur absolue de « m », qui peut varier beaucoup pour une même valeur de « Q », ce qui correspond à des conditions différentes. Et l'on est amené, comme le préconise EMBERGER, à reporter les Stations sur un graphique à double entrée ; en abscisses on porte les valeurs de « m » ; en ordonnées on porte les valeurs de « Q » (voir Annexe n° 1).

Un autre élément important à considérer, qui n'entre pas dans le calcul, de « Q », c'est le régime des pluies ; il est, bien entendu, que l'on est en climat méditerranéen, donc en une zone où la majorité des précipitations se trouvent rassemblées dans la saison froide, c'est-à-dire en hiver. Mais, pour les plantes, et en particulier pour le blé (du moins en culture sèche) ce sont les pluies d'automne et de printemps qui importent le plus.

On a calculé, pour chaque Station, les coefficients pluviométriques relatifs saisonniers, selon ANGOT :

Pr, pour le printemps (mars, avril, mai) :

$$\frac{\text{Pluviométrie du printemps}}{\text{Pluviométrie annuelle}} \times \frac{1\,000}{252}$$

E, pour l'été (juin, juillet, août) :

$$\frac{\text{Pluviométrie de l'été}}{\text{Pluviométrie annuelle}} \times \frac{1\,000}{252}$$

A, pour l'automne (septembre, octobre, novembre) :

$$\frac{\text{Pluviométrie de l'automne}}{\text{Pluviométrie annuelle}} \times \frac{1\,000}{249}$$

H, pour l'hiver (décembre, janvier, février) :

$$\frac{\text{Pluviométrie de l'hiver}}{\text{Pluviométrie annuelle}} \times \frac{1\,000}{247}.$$

[1] D'après le Père COMBIER, en remplaçant M — m par la moyenne des valeurs fournies par l'évaporomètre de PICHE, on obtient des résultats comparables.

La signification de ces coefficients est simple ; ils correspondent exactement au rapport de la pluviométrie journalière moyenne saisonnière, à la pluviométrie journalière moyenne annuelle.

Le régime pluviométrique d'une Station donnée peut alors se définir simplement en écrivant dans l'ordre les noms :

1° de la saison du premier maximum pluviométrique,

2° de la saison du deuxième maximum pluviométrique,

3° de la saison du premier minimum pluviométrique,

4° de la saison du deuxième minimum pluviométrique, soit, par exemple, le régime :

Hiver — Printemps — Eté — Automne

ou, en abrégé :

HPEA.

Cette méthode renseigne de façon moins précise, sur le régime, que la méthode ordinaire basée sur les mois ; mais elle est plus simple et facilite les comparaisons :

On trouvera, d'ailleurs, à titre d'indication, les graphiques de répartition mensuelle des pluies, pour quelques Stations susceptibles de caractériser une région (voir annexe n° 2).

Enfin, pour préciser encore les choses, on a été amené à considérer plusieurs modes pour chacun des deux régimes rencontrés ici : HPEA et HAEP.

Le régime est dit :

équilibré, lorsque Pr est peu différent de A,

moyen, lorsque la valeur du second maximum est inférieure ou égale à une fois et demi la valeur du second minimum ;

net, lorsque la valeur du second maximum est supérieure à une fois et demi la valeur du second minimum ;

accentué ou très accentué, lorsque la valeur du second maximum est égale ou supérieure à deux fois la valeur du second minimum.

On a encore relevé le cas intéressant — car assez rare — où la valeur du second maximum est supérieure à la moitié de la valeur du premier maximum, ce qui indique une répartition des pluies favorable à la culture.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Dans le tableau I, nous trouvera, pour chaque Station :

son altitude en mètres,

ses coordonnées, latitude et longitude, exprimées en degrés,

la pluviométrie moyenne annuelle exprimée en millimètres (P),

les valeurs des quatre coefficients pluviométriques relatifs saisonniers (Pr, E, A, H),

la moyenne des minimas de températures du mois le plus froid (*m*),
la moyenne des maximas de température du mois le plus chaud (M),
la valeur du quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q),
le régime pluviométrique.

Dans la planche publiée à l'annexe n° 1, on trouvera le graphique sur lequel les Stations sont reportées avec : *m* en abscisses et Q en ordonnées. Le point indiquant la situation exacte de chaque Station est figuré par un symbole représentant la région où se trouve cette Station. En outre, le nom de la Station est souligné d'un trait particulier représentant le régime pluviométrique (voir légende).

On observe sur ce graphique que les Stations se groupent d'une façon satisfaisante par régions naturelles ; le quotient d'EMBERGER se montre donc un bon outil pour la comparaison synthétique des principaux facteurs du climat entre les Stations. Mais, il y a plus, en comparant les associations végétales observées avec le groupement des Stations, le professeur EMBERGER a divisé son tableau (établi pour l'Afrique du Nord) en six zones, correspondant à six modalités ou « étages bioclimatiques » différents du climat méditerranéen. On a conservé ces divisions, parce qu'elles correspondent aussi à des différences dans les conditions de la culture du blé. C'est ainsi que la frontière entre l'étage méditerranéen aride et l'étage méditerranéen semi-aride correspond sensiblement à la limite inférieure de la culture du blé sans irrigation. De même, la frontière entre l'étage semi-aride et l'étage subhumide correspond à la limite supérieure de la jachère nue : pour les Stations situées au-dessus, dans l'assolement biennal céréalier, la jachère nue est toujours remplacée par une légumineuse à graines (vesce, lentille, pois chiche). Enfin, la frontière entre les étages subhumide et humide correspond à la limite supérieure de la culture prépondérante des céréales en sec ; dans les Stations situées au-dessus, l'arboriculture prime la céréaliculture ; peut-être parce que ces Stations appartiennent à des régions accidentées ; mais c'est aussi la raison de leur climat : tout se tient.

On a ajouté d'autres limites, dont le tracé approximatif demanderait à être précisé, en se basant sur les Stations, qui sont connues.

D'abord, coupant en deux la zone du graphique correspondant à l'étage méditerranéen semi-aride, la limite inférieure des légumineuses dans le biennal céréalier ; entre cette limite et la limite supérieure de la jachère nue, les légumineuses annuelles à graines occupent une partie variable de la deuxième sole du biennal céréalier. Ensuite, coupant en travers les parties du graphique correspondant aux étages subhumides et semi-arides, la limite inférieure des cultures annuelles d'été (telles que le sorgho) pratiquées sans irrigation ; cette limite est déterminée, d'une part, par les froids printaniers, d'autre part, par l'aridité. Enfin, tranchant dans les étages saharien, aride, et semi-aride, la limite de la

TABLEAU I

Stations	Altitude (mètres)	Lat. N. (degrés)	Long. E. (degrés)	Pluviométrie ann. mm	Pr	E	A	H	m (centigrade)	M (centigrade)	Q	Régime
Zone côtière:												
Lattaquie	15	35°31′	35°46′	805,4	0,65	0,07	0,79	2,49	7,8	31°1	118	HAEP équilibré.
Tartous	8	34°54′	35°52′	819,1	0,54	0,01	0,90	2,57	7,8	31°8	117	HAEP moyen.
Qlaiaat (Tripoli)	7	34°42′	35°58′	920,6	0,78	0,00	0,79	2,43	9,4	30°1	152	HAEP équilibré.
Halba	175	34°33′	36°05′	835,6	0,89	0,00	0,78	2,36	9,6	30°8	134	HPEA équilibré.
Amyoun	300	34°17′	35°48′	759,7	0,95	0,00	0,76	2,29	7,7	31°9	116	HPEA moyen.
Beyrouth (Nazareth)	91	33°53′	35°31′	898,2	0,72	0,01	0,78	2,52	10,2	30°4	149	HAEP équilibré.
Beyrouth (Aérodrome)	70			769,6	0,73	0,00	0,90	2,33	11,0	29°8	140	HAEP équilibré.
Palestine:												
Jenin	(200)	32°25′	35°18′	411,6	0,74	0,00	0,82	2,44	7,0	32°0	56	HAEP équilibré.
Naplouse	(350)	32°11′	35°16′	704,9	0,80	0,00	1,07	2,13	6,0	29°0	105	HAEP moyen (H = 2A).
Montagne (Liban)												
Bhamdoun	1 130	33°48′	35°39′	1 316,0	1,03	0,00	0,59	2,39	4,2	26°0	210	HPEA net.
El Qraiye	1 000			1 959,0	1,19	0,06	0,74	2,01	3,4	26°4	296	HPEA moyen (H < 2P)
Jezzine	1 000	33°32′	35°35′	1 366,5	0,85	0,01	0,54	2,60	4,3	27,7	202	HPEA moyen.
Merdjayoun	750	33°21′	35°35′	1 019,0	0,94	0,00	0,52	2,55	5,6	27°9	158	HPEA moyen.
Gharb:												
Djisr ech Choghour	190	35°48′	36°19′	852,4	0,84	0,05	0,76	2,35			(104) appr.	HPEA équilibré.
Bekaa:												
Hermel	750	34°23′	36°23′	263,2	1,11	0,00	0,64	2,25	(3,0)	(36°0)	(27) appr.	HPEA net.
Chlifa	1 080	34°04′	36°05′	417,2	0,98	0,00	0,55	2,49	2,0	33°1	52	HPEA accentué.
Rayak	931	33°50′	36°00′	615,4	0,77	0,00	0,57	2,66	0,3	33°0	72	HPEA net.
Ksara	920	33°49′	35°53′	641,1	0,78	0,01	0,56	2,65	1,8	31°8	74	HPEA net.
Rachaya	1 200	33°29′	35°50′	674,9	0,94	0,00	0,53	2,53	— 0,5	34°1	67	HPEA accentué.
Dépression du Jourdain et de la Mer morte:												
Esh Shuna	— 197	32°36′	35°37′	350,0	0,66	0,00	0,91	2,43	10,0	38°3	41	HAEP net.
Wadi el Jurum	— 180	32°26′	35°36′	270,0	0,66	0,00	0,78	2,57	8,9	37°3	25	HAEP moyen.
Deïr Alla	— 180	32°11′	35°36′	289,1	1,07	0,00	0,51	2,42	10,7	39°2	34	HPEA accentué.
Wadi Shuaib Shune	— 200	31°55′	35°38′	210,0					11,6	37°7	27	
Wadi el Mujib	— 138	31°26′	35°48′	120,0					9,2	37°2	14	
Djezireh syrienne:												
Tell Tamer	310	36°39′	40°22′	349,3	1,40	0,00	0,65	1,95	0,7	41°8	29	HPEA accentué (H < 2P).
Hassetche	(250)	36°30′	40°44′	282,8	0,97	0,00	1,02	2,01	1,2	41°3	24	HPEA équilibré.
Djerablous	(300)	36°49′	38°01′	241,8	0,80	0,02	0,70	2,48	0,6	39°5	21	HPEA équilibré.
Plaines du Nord syrien:												
Alep (Midan)	380	36°12′	37°1c′	405,5	0,94	0,01	0,81	2,24	3,0	36°0	42	HPEA équilibré.
Alep (Nerab)	394	36°10′	37°14′	357,8	0,83	0,04	0,70	2,44	1,3	36°2	39	HPEA équilibré.
Djebboul	250	36°05′	37°30′	318,4	1,20	0,00	0,55	2,23	3,0	38°4	31	HPEA accentué.
Idlib	440	35°55′	36°34′	411,1	0,77	0,03	0,69	2,51	3,9	31°6	50	HPEA équilibré.
Selemiye	475	35°01′	37°03′	345,9	0,84	0,01	0,60	2,55	2,2	34°8	36	HPEA moyen.
Homs	487	34°43′	36°42′	422,8	0,73	0,00	0,59	2,68	2,9	31°3	51	HPEA moyen.
Quattine	500	34°41′	36°47′	515,4	0,86	0,00	0,67	2,47	3,1	31°4	63	HPEA moyen.
Hauran, Djebel Druze, Soueida:												
	1 050	32°42′	36°34′	338,2	0,99	0,00	0,55	2,46	5,4	30°1	47	HPEA net.
Plaines de la Transjordanie:												
Irbid	585	32°33′	35°51′	499,2	1,04	0,00	0,72	2,33	5°9	32°1	65	HPEA moyen.
Ajlun	760	32°20′	35°45′	692,7	0,88	0,00	0,49	2,63	(3°0)	(28°0)	82	HPEA net.
Salt	796	32°02′	35°44′	725,0					(4°5)	(32°0)	90	
Jubeiha				474,2	0,90	0,00	0,51	2,54	4°0	30°6	61	HPEA net.
Amman (Lands Department)	821	31°57′	35°55′	455,0					(4°0)	(31°0)	57	
Amman RAF	790	31°58′	35°56′	298,3	0,94	0,00	0,55	2,52	4°0	32°4	36	HPEA net.
Madaba	785	31°43′	35°48′	368,5	0,91	0,00	0,45	2,64	(4°0)	33°0	44	HPEA accentué.
Jiza	705	31°42′	35°58′	234,0					(3°0)	(35°0)	25	HPEA très accentué.
Karak	1 000	31°11′	35°42′	348,6	1,16	0,00	0,34	2,50	(4°5)	(30°0)	47	HPEA accentué.
Désert syrien:												
Deir Ez Zor	203	35°20′	40°08′	160,7	1,01	0,00	0,80	2,19	1°8	40°6	14	HPEA moyen.
Palmyre	404	34°33′	38°17′	123,3	1,20	0,02	0,90	1,88	2°1	38°6	12	HPEA moyen (H < 2P).
Damas	720	33°31′	36°17′	199,7	0,51	0,00	0,95	2,57	3°2	35°5	21	HAEP net.
Désert de la Transjordanie:												
Mafraq	695	32°21′	36°12′	177,3	1,20	0,00	0,87	1,93	2°6	34°2	20	HPEA net (H < 2P).
Zarqua	610	32°04′	36°06′	131,1	0,76	0,00	0,58	2,66	(3°5)	(34°5)	14	HPEA net.
H 4	686	32°30′	38°12′	72,9	1,32	0,00	0,83	1,95	(2°0)	(37°0)	7	HPEA net (H < 2P).
H 5	715	32°12′	37°08′	75,0					(2°5)	(37°0)	7	
Azraq	533	31°50′	30°49′	90,0					(2°0)	(38°0)	9	
Bayir	902	30°45′	36°40′	60,0					(3°5)	(41°0)	5	
Jurf el Darawish	940	30°42′	35°52′	68,1	1,08	0,00	0,50	2,42	(4°0)	(36°0)	7	HPEA accentué.
Jafr	900	30°17′	36°13′	30,0					(5°0)	(41°0)	3	
Maân	1 080	30°12′	35°45′	42,2	1,22	0,00	0,47	2,31	(5°0)	(39°0)	4,5	HPEA accentué (H < 2P).

N. B. — Les données entre parenthèses correspondent à des approximations. Certaines données sont manquantes pour certaines Stations.

culture du blé par excès de chaleur, qui lui fait préférer, dans les oasis, d'autres cultures (dites semi-tropicales) mieux adaptées.

Pour terminer, on trouvera (tableau II) une classification des Stations par étages et variétés de climat ; pour les variétés on a tenu compte des modifications apportées par G. Long à la classification établie pour l'Afrique du Nord par le Professeur Emberger. En principe, deux Stations appartenant à la même variété du même étage jouissent de conditions bioclimatiques semblables ; il faut toutefois, y ajouter les considérations relatives au régime ; et c'est ainsi qu'il a été fait.

Tableau II

Classification des stations

Étage bioclimatique	Variété dans l'étage	Régime pluviométrique	Nuance dans le régime	Stations
Humide	Chaude	HPEA	Nette	Bhamdoun.
		HPEA	Moyenne	El Qraiye, Jezzine, Merjayoun.
	Très chaude	HAEP	Équilibrée	Qlaiaat (Tripoli), Beyrouth (Nazareth).
Subhumide	Moyenne	HPEA	Accentuée	Rachaya.
			Nette	Rayak, Ksara.
	Chaude	HPEA	Nette	Ajlun, Salt.
			Équilibrée	Djisr Ech Choghour.
		HAEP	Moyenne	Naplouse.
	Très chaude	HPEA	Moyenne	Amyoun.
			Équilibrée	Halba.
		HAEP	Équilibrée	Lattaquié, Tartous, Beyrouth (Aérodrome).
Semiaride	Moyenne	HPEA	Accentuée	Chlifa, Tel Tamer.
			Équilibrée	Djérablous, Hassetche, Alep (Narab).
	Chaude	HPEA	Accentuée	Djebboul, Madaba, Karak.
			Nette	Soueida, Jubeiha, Amman (RAF).
			Moyenne	Selemiye, Homs, Quattine, Irbid.
			Équilibrée	Alep (Midan), Idlib, Jenin.
Aride	Moyenne	HPEA	Moyenne	Palmyre, Deir ez Zor.
	Chaude	HPEA	Très accentuée	Jiza.
			Nette	Mafraq, Zarqa.
	Très chaude	HAEP	Nette	Damas.
		HAEP	Nette	Esh Shuna.
			Moyenne	Wadi el Jurum.
Saharien	Moyenne	HPEA	Nette	H 4.
		Inconnue	Inconnue	H 5, Azraq.
	Chaude	HPEA	Accentuée	Jurf el Darawish, Mâan.
		Inconnue	Inconnue	Bayir, Jafr.
	Très chaude	HPEA	Accentuée	Deir Alla, Ghor Mazraa.
		Inconnue	Inconnue	Wadi Shuaib Shun, Wadi el Mujib, Aquaba.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Sur ces résultats on peut faire quelques remarques.

Tout d'abord le climat apparaît susceptible de grandes variations entre des Stations peu éloignées géographiquement. Mais, si on se limite aux grandes plaines, terrains d'élection du blé, les variations climatiques sont plus progressives et en quelque sorte continues, l'effet du relief ne jouant plus le même rôle ; si bien que chacune de ces grandes plaines présente un type de climat original, qui peut se définir par quelques traits particuliers.

La grande plaine côtière de Tripoli à Lattaquie, toute entière située dans l'étage subhumide, variété chaude, est caractérisée par un régime pluviométrique très équilibré, à priori favorable à la culture du blé, qui du reste y a pris une grande extension ; cependant la chaleur de ce climat jointe à l'humidité atmosphérique élevée favorise beaucoup le développement de la rouille noire (Puccinia graminis).

La plaine de la Bekaa s'étend sur deux étages bioclimatiques ; le Sud dans le subhumide variété chaude, le Nord dans le semi-aride variété chaude ; elle est caractérisée par un régime HPEA net ou accentué.

La plaine du Nord syrien, qui s'étend de Homs à Alep, est toute située dans l'étage semi-aride variété chaude ; elle se distingue par un régime HPEA moyen ou équilibré très favorable aux céréales.

Les quelques Stations représentant la Djezire Syrienne sont plus arides que la région précédente, parce que plus sèches et plus continentales ; le régime est cependant plus équilibré, sauf à Tell-Tamer qui représenterait un cas particulier dû peut-être à l'action du relief.

L'ensemble des plaines jordaniennes, de Irbid à Karak, est aussi situé dans l'étage semi-aride variété chaude ; mais ce groupe est placé dans la partie droite du graphique par rapport à la plaine Nord-Syrienne ; c'est donc un climat plus chaud. Le régime pluviométrique de cette région est typiquement HPEA net ou accentué, comme en Bekaa.

Enfin, les Stations situées dans les zones arides et sahariennes peuvent se classer en deux groupes très différents :

1° Les Stations appartenant à la variété très chaude, toutes situées dans le Ghor ou dépression du Jourdain et de la Mer Morte, cas particulier, qui s'explique par l'altitude inférieure au niveau de la mer. Ces régions ne portent pratiquement pas de culture du blé, tout au moins en culture sèche.

2° Les Stations appartenant aux variétés moyenne et chaude correspondent aux immensités du désert Syrien et du désert Transjordanien, où les oasis représentent des zones de cultures céréalières généralement limitées.

CONCLUSION

Nous avons pu déterminer sommairement les caractéristiques principales du climat des grandes zones à blé du Proche-Orient ; et nous possédons des notions importantes sur les conditions dans lesquelles se développent les diverses populations de blé cultivées traditionnellement dans ces régions.

En procédant par rapprochements, il sera plus facile de prévoir les chances de succès d'une variété nouvelle. Nous nous sommes donc un peu approchés de l'objectif qui était le nôtre. Il reste que le nombre des Stations était, en bien des cas, insuffisant, comme cela a déjà été signalé ; et que les limites culturales qui ont été tracées, mériteraient d'être précisées par des observations plus poussées.

Par ailleurs, des données climatiques ne prendront tout leur sens que lorsqu'elles seront rattachées à des observations de longue durée, portant sur les époques des semis, les dates de réalisation des principales phases du développement des plantes, l'intensité des attaques de rouilles, la fréquence et l'importance de l'échaudage et du mitadinage. Ceci amènera, en même temps à considérer d'autres facteurs climatiques, tels que les vents, l'humidité atmosphérique, la fréquence des grands froids ou de grosses chaleurs à telle période particulière du cycle végétatif.

Il reste donc beaucoup à faire pour réaliser une véritable étude de l'écologie du blé dans le Proche-Orient. Du moins, espérons-nous avoir apporté une contribution à cette étude.

SUMMARY

Some data on the climate of wheat in the Near East

In order to precise the climatic conditions under which wheat is developing, the available data for Lebanon, Syria and Jordania have been collected. To synthesize these data, in order to make the comparisons easier, the pluviometric quotient Q of Professor EMBERGER has been calculated for each Station :

$$Q = \frac{P}{\left(\frac{M + m}{2}\right)(M - m)} \times 1000$$

P = the average annual rainfall expressed in mm.
M = the average of the maximum temperatures of the warmest month, expressed in absolute degrees (Kelvin).
m = the average of the minimum temperatures of the coldest month, expressed in absolute degrees (Kelvin).

The seasonal relative pluviometric coefficients have been also calculated, according to ANGOT.

In the table I, it has been found for each Station :
— its altitude in meters,
— its coördinates, latitude and longitude, in degrees,

— the average annual rainfall in mm (P),
— the values of the four seasonal relative pluviometric coefficients (Pr, E, A, H),
— the average of the minimum temperatures of the coldest month (m),
— the average of the maximum temperatures of the warmest month (M),
— the value of the pluviothermic quotient of EMBERGER (Q),
— the annual rainfall distribution.

In the diagram published in the appendix n° 1, the Stations are set out, with m in absciss and Q in ordinate; a conventional symbol shows the region which the Station belongs to. Thus, it has been possible to characterize the general outline of the climate of the cereal regions of the considered countries.

A rainfall map has been added to the text.

ZUSAMMENFASSUNG

Einige Angaben über das Zlima de sWeizens im nahen Osten

Um die klimatischen Bedingungen in welchen sich der Weizen, im Libanon, in Syrien und Jordanien, entwickelt, zu bestimmen, wurden die verfügbaren klimatischen Angaben dieser Länder gesammelt. Um diese Angaben zusammenzufassen und Vergleiche zu ermöglichen, hat man, für jede Station, den pluviometrischen Quotienten Q, nach Proffessor EMBERGER, errechnet.

$$Q = \frac{P}{\left(\frac{M + m}{2}\right)(M - m)} \times 1000$$

P = jährliche durchschnittliche Regengüsse in mm.
M = Durchschnitt der högsten Temperaturen des wärmsten Monates des Jahres, in absoluten Graden (Kelvin) ausgedrükt.
m = Durchschnitt der niedrigsten Temperaturen des kältesten Monates, in absoluten Graden (Kelvin) ausgedrükt.

Man hat auch die relativen jahreszeitlichen pluviometrischen Koefficienten nach ANGOT berechnet.

In der Tabelle I, findet man für jede Station :
— seine absolute Höhe in Metern,
— seine Koordinaten : Breite, Länge in Graden.
— die jährliche durchschnittliche Regeneinteilung in mm (P),
— der Wert der vier jahreszeitlichen pluviometrischen Koefficienten (Pr, E, A, H),
— der Durchschnittswert der niedrigsten Temperaturen des kältesten Monates (m),
— der Durchschnittswert der högsten Temperaturen des wärmsten Monates (M),
— der Wert des Regenthermometrischen Quotienten nach EMBERGER (R),
— der Wert des Regenthermometrischen Quotienten nach EMBERGER (Q),
— das Regenverteilungsregim.

In der graphischen Darstellung (Anhang 1) sind die Stationen gekennzeichnet durch m als Abszisse und W als Ordinate. Ein konventionelles Zeichen gibt die Gegend welches die Station angehört, an. Das Klima der getreideerzeugenden Gegenden der betrachteten Länder konnte so, grosszügig, gekennzeichnet werden.

Eine Karte der Regenverteilung wurde dem Text zugefügt.

РЕЗЮМЕ

Некоторые данные о климате пшеницы на Ближнем Востоке.

Р. ОРИО.

Для уточнения климатических условий в которых проростает пшеница, были собранны имеющиеся данные для Ливана, Сирии и Иорданья. Чтобы синтетизировать эти данные, для облегчения сравнений, был вычислен, для каждой станции, коеффициент осадков «Q» профессора Emberger.

$$Q = \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \times 1.000$$

P — Средняя годовая осадков выраженная в милиметрах;

M — Средняя максимальных температур самаго жаркаго месяца, выраженная в абсолютных градусах;

m — Средняя минимальных температур самаго холоднаго месяца выраженная в абсолютных градусах.

Были, так-же, вычисленны относительные сезонные коеффициенты осадков по Angot.

В первой таблице приведенно для каждой Станции :

— возвышенность в метрах;

— координации, широта и долгота в градусах;

— средняя годовых осадков в милиметрах (P);

— степени, четырех относительных сезонных коеффициентов осадков (Pr. E. A. H.).

— средняя минимальных температур самаго холоднаго месяца (*m*);

— средняя максимальных температур самаго жаркаго месяца (M);

— степень коеффициента осадков по Emberger (Q);

— режим осадков.

В таблице, приложения N 1, станции означенны с «*m*» на абциссах и с «Q» на ординатах. Условный знак указывает область к которой принадлежит станция, таким оброзом характеризуется, в главных линиях, климат злачной области данной местности.

К тексту приложенна карта осадков.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

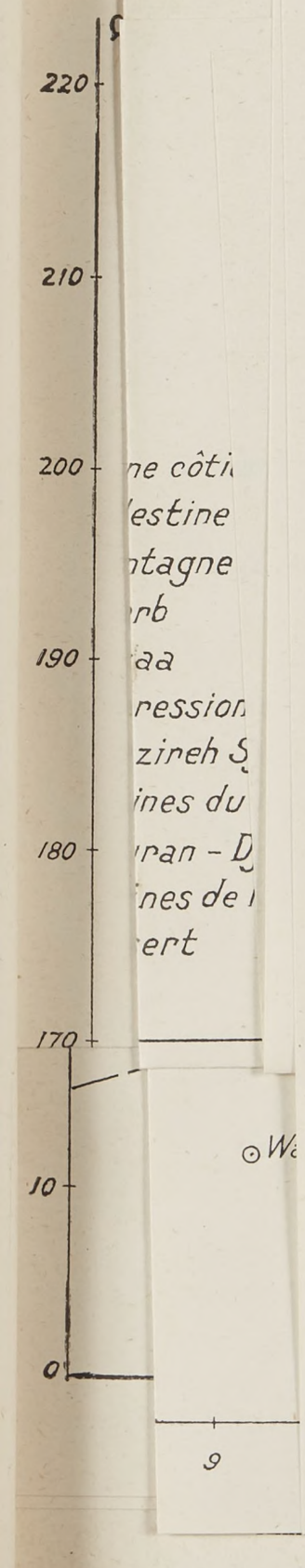
Combier (Ch.). — Aperçu sur les climats de Syrie et du Liban, avec carte au 100.000e, Beyrouth, 1945.

Emberger (L.). — Afrique du Nord-Ouest, Ecologie végétale, Comptes-rendus de recherches, Publications Unesco, 1955.

Emberger (L.). — Une classification biogéographique des climats, Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier, Série Botanique, fascicule 7, pages 3 à 43, 1955.

Dubertret (L.) et Fish (W. B.). — Carte pluviométrique du Proche-Orient.

Long (G.). — Note inédite.


220
210
200
190
180
170
10
0
9

ANNEXE N°1

LEGENDE

- △ Zône côtière
- ▽ Palestine
- ▲ Montagne (Liban)
- ⊗ Gharb
- ✦ Békaa
- ⊙ Dépression du Jourdain et de la Mer Morte
- ⊠ Djezireh Syrienne
- ■ Plaines du Nord Syrien
- □ Hauran - Djebel - Druze
- ◡ Plaines de la Transjordanie
- ∪ Désert

- ——— HPEA très accentué
- - - - - HPEA accentué
- ——— HPEA net
- _ _ _ _ HPEA moyen
- ═══ HPEA / HAEP } équilibré
- —·—·— HAEP moyen
- —x—x— HAEP net

▲ Bhamdoun

▲ Jezzine

▲ Marjayoun

△ Qlaïaat (Tripoli)

Beyrouth (Nazareth) △

△ Beyrouth (Aérodrome)

△ Halba

Zone Humide

Limite supérieure de la culture prépondérante du blé en sec

Limite inférieure des cultures annuelles d'Eté en sec (sorgho)

Tartous △ Lattaquié △ Amyoun △

Djisr ech Choghour ⊗

▽ Naplouse

Limite supérieure de la jachère nue

Salt ◡

Ajlûn ◡

Zône Subhumide

✦ Ksara

✦ Rayak

✦ Rachaya

Irbid ◡

■ Qattine

Jubeiha ◡

Amman (Lands Dept) ◡

▽ Jenin

✦ Chlifa

■ Homs

■ Idlib

Limite inférieure des légumineuses dans le biennal céréalier

◡ Karak ⊡ Soueïda

◡ Madaba

■ Alep (Midan)

Esh Shuna ⊙

Zône Semi Aride

■ Alep (Nerab)

■ Selemiyé

◡ Amman (R.A.F.)

Deir Alla ⊙

■ Djebboul

⊠ Tell Tamer

✦ Hermel

Jiza ◡

Limite inférieure du blé de culture sèche

⊙ Wadi Shuaib Shune

⊠ Hassetché

Wadi el Jurum ⊙

Djerablous ⊠

Mafraq ◡

Damas ◡

Limite pratique de la culture du blé

Zône Aride

◡ Deir ez Zor

◡ Palmyre

◡ Azraq

◡ Zarqua

⊙ Wadi el Mujib

H4 ◡ H5 ◡

◡ Jurf el Darawish

⊙ Mazraa

Zône Saharienne

◡ Bayir

Maan ◡ Jafr

Aquaba ⊙

-2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 m (centigrades)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220

GOLFE D'ALEXANDRETTE
L'd'Amour
Alep 405.5
Midan
Nerab 357.8
N. Koueik
Djebboul 318.4
SEBKHT ED DJEBBOUL
KHARAITCH
MORARIA
Djerablous 241.8
N. Queiq
N. Balikh
Tell Tamer 349.3
Khabour
N. Radd
Hassetché 282.8
FL. EUPHRATE
N. Khabour
Deir ez Zor 160.7
Quadi el Rhorr
SNESSELE
ACHKAR
RODA
ER REGASSER
EL BOURHARSS
Oldlib 411.1
Djisr ech Choghour 852.4
Lattaquie 805.4
Fl. Oronte
Selemiyé 345.9
Tartous 819.1
Homs 422.8
Quattine 315.4
L. de Homs
Palmyre 123.3
Qlaïaat 920.6
Halba 835.6
Amyoun 759.7
Hermel 263.2
Chlifa 417.2
(Nazareth)
BEYROUTH
(Aérodrome)
Bhamdoun 1316
Ksara 641.1
Rayak 615.4
769.6
Jezzine 1561
Merdjayoun 719
N. Litani
Rachaya 674.3
BAHR SAIGALI
KHABRA TENNF
DAMAS 199.7
N. Barada
BAHR EL HIJANE
RHOUBÉ
KHERBET EL BOURROU
L. Houlé
Lac de Tiberiade
Soueïda 338.2
Irbid 499.2
Jenin 411.6
Mafraq 177.3
Ajlun 692.7
Naplouse 704.9
N. Jourdan
Zarqua 131.1
Salt 474.2
725
Jubeiha 455
AMMANE
AMMANE-RA
298.3
Shuaib Shune
210
Madaba 368.5
Jiza 234
Mer Morte
O. el Mujib
Mazraa 56.8
Karak 348.6
Azraq 90
H4 72.9
H5 75
Quadi Rajil
Quadi Mujab
Quadi es Sowab
Quadi Ratga
Quadi Haourane
Quadi Amij
Quadi el Rhadaf
Quadi el Minaïyé
HABBARIYÉ
Jurf ed Darawish 68.1
Bayir 60
Jafr 30
Maan 42.2
Aquaba 34
40°
42°
44°
46°

LEGENDE

>1000	m/m	300-400	m/m
600-1000	»	200-300	»
500-600	»	100-200	»
400-500	»	<100	»

ANNEXE N°3

MOYEN ORIENT

CARTE DES PLUIES

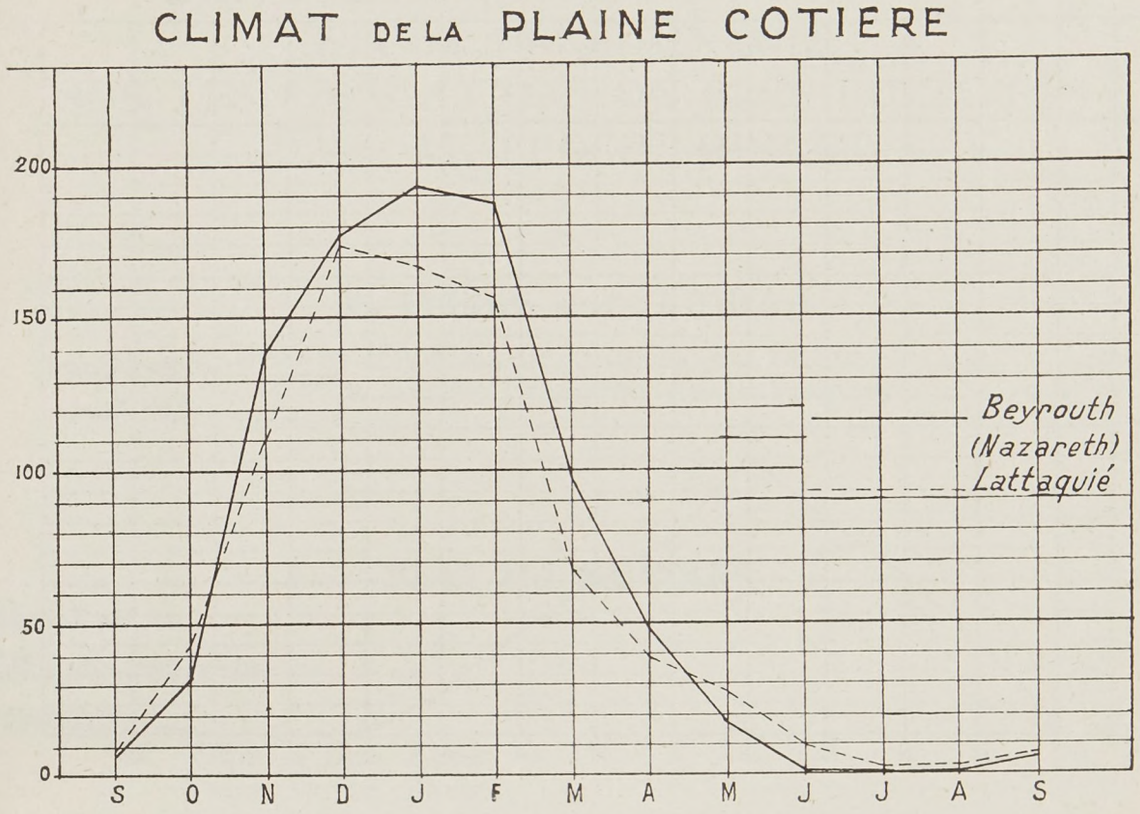
Echelle 1:2.000.000eme

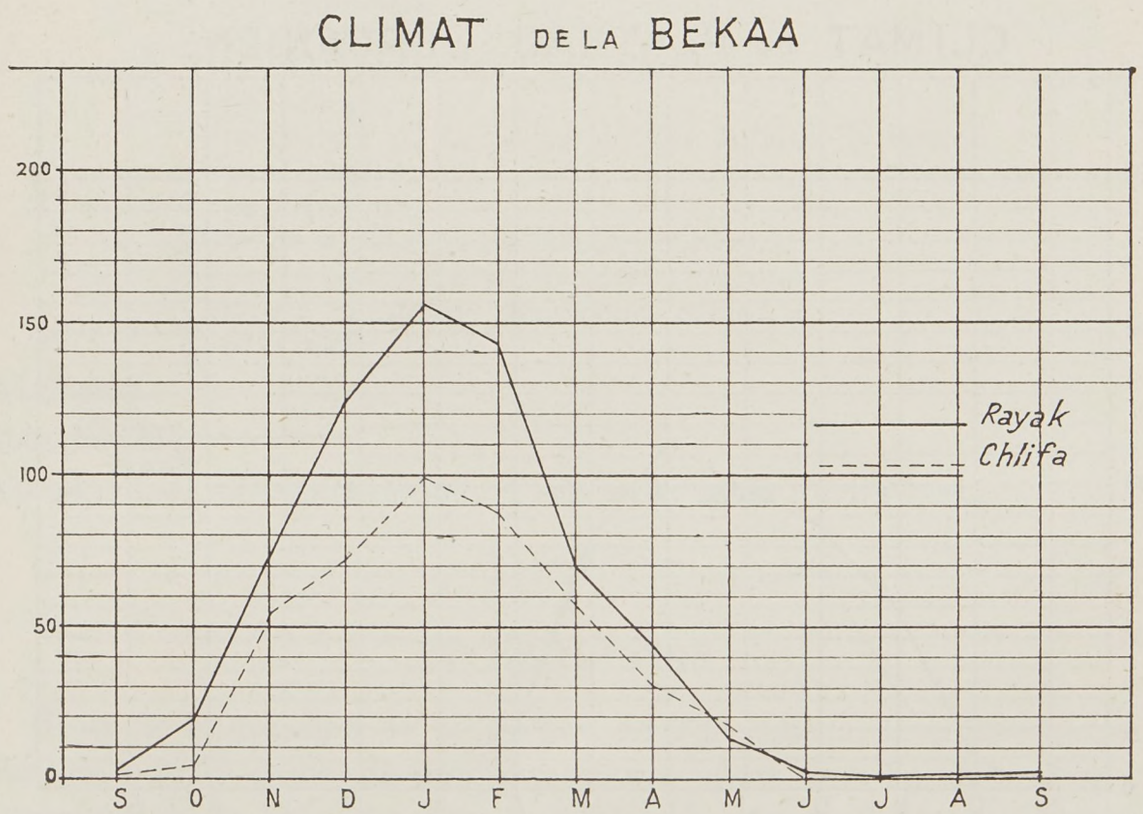
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 km.

d'après W.B. FISH et L. DUBERTRET

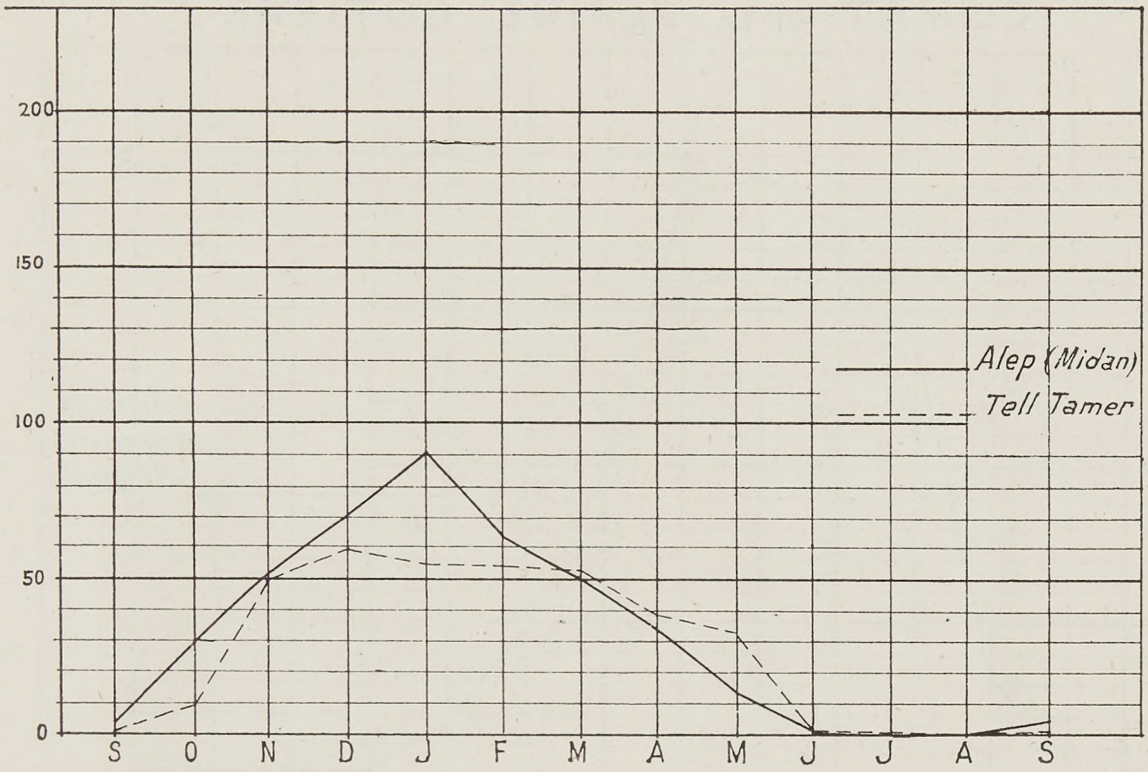
dess. N. Swirsky

ANNEXE Nº 2

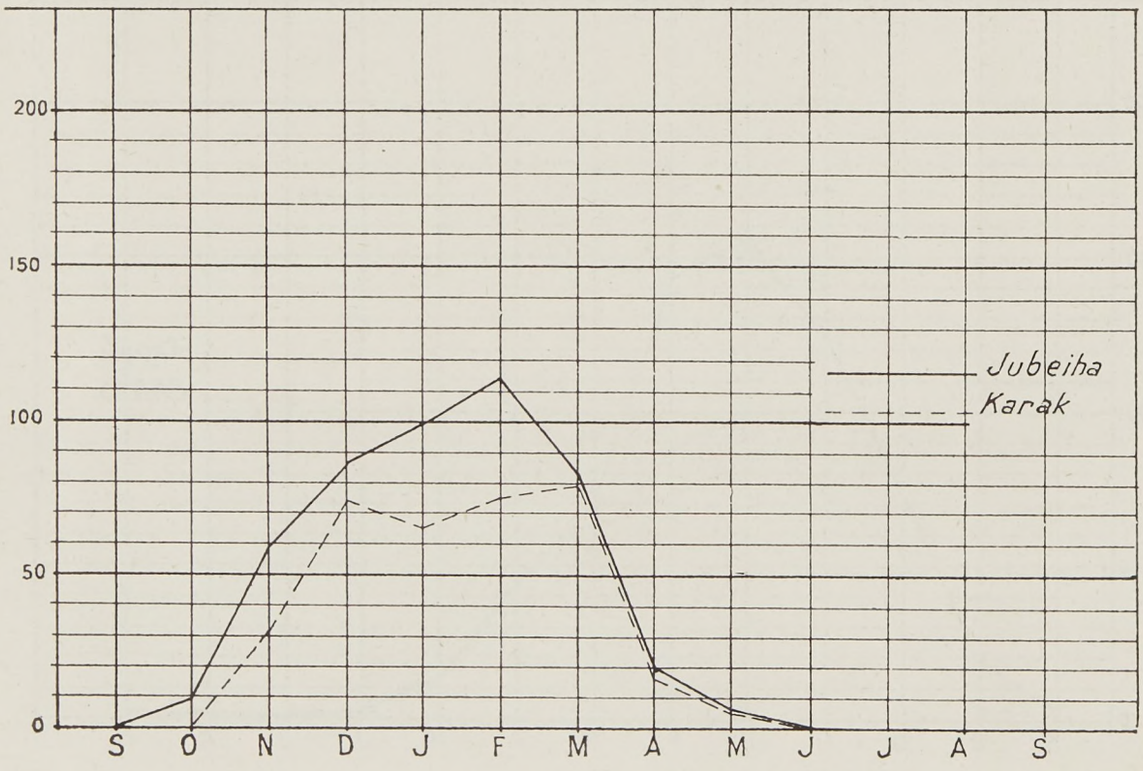

CLIMAT DE LA PLAINE COTIERE
200
150
100
50
0
S O N D J F M A M J J A S
Beyrouth
(Nazareth)
Lattaquié


CLIMAT DE LA BEKAA
200
150
100
50
0
S O N D J F M A M J J A S
Rayak
Chlifa

CLIMAT DES PLAINE DU NORD DE LA SYRIE



CLIMAT DU PLATEAU JORDANIEN



ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR LES POPULATIONS DE BLÉS CULTIVÉES DANS LE PROCHE-ORIENT

PAR

R. LIGNON et P. AURIAU

Institut Français de coopération technique
Station Libano-Française de Tell-Amara

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

Méthode générale.

Résultats.

Type Syrien Roux.
Type Syrien Blanc.
Type Jordanien.
Type Yabroudi.
Type Moghraby.
Type Kaff el-Rahman (ou Nursi).
Type Bekay.
Type Baladi de la plaine côtière Libano-Syrienne.
Type Naïmiye.
Type Djaljouli.
Type de montagne de la zône côtière.
Type de montagne de la zône moyenne.
Type de montagne du Djebel Sinjar.
Type Iraki.

Conclusion.

Bibliographie.

Reproductions photographiques d'épis avec table : hors texte.

INTRODUCTION

Lors de la création de la Station de Tell-Amara, le Gouvernement Libanais nous a demandé d'orienter notre effort vers l'amélioration de la production du blé. Ceci nous a conduit à inventorier les populations de blé actuellement cultivées dans le Proche-Orient (1).

(1) Pour ce que nous entendons par Proche-Orient, voir « Quelques données sur le Climat du Blé dans le Proche-Orient » (P. AURIAU).

Il s'agissait d'abord de déterminer les caractéristiques de ces populations, et ensuite d'en tirer des lignées parfaitement adaptées au milieu local et supérieures à la moyenne de la population pour un ou plusieurs caractères, susceptibles d'être multipliées ensuite ou de servir de géniteurs suivant le cas.

Ce double travail de prospection et de sélection a permis de recueillir de nombreuses observations sur les blés du Proche-Orient ; et ce sont elles qui font l'objet de ce rapport.

C'est un travail très incomplet, qui est présenté ici ; cependant, nous pensons qu'il permettra déjà d'y voir plus clair, et qu'à ce titre, il pourra être utile.

MÉTHODE GÉNÉRALE

Comme on vient de le voir, il y a au départ une prospection méthodique des cultures effectuée région par région, particulièrement au moment de la moisson.

On repère alors les grandes populations, en essayant d'apprécier leur importance relative, et en recueillant auprès des cultivateurs le plus possible de renseignements relatifs aux aptitudes culturales de ces blés.

Enfin, on ramasse de nombreux épis en vue de rassembler le maximum de formes et de provenances différentes.

Ces épis subissent un premier examen, et sont classés d'après leurs caractères morphologiques, pour être ensuite semés en pépinière, à raison d'une ligne par épi.

A la récolte, l'année suivante, on choisit les plus intéressantes parmi ces lignes, en essayant de ne laisser perdre aucun type original, tout en évitant de se surcharger de matériel.

Ces lignes sont le départ de lignées, qui seront ainsi cultivées en sélection généalogique selon la méthode de l'épi par ligne pendant plusieurs années ; et observées méthodiquement durant le cycle végétatif comme à la récolte. Des parcelles de comportement et des essais comparatifs de rendement complètent ces observations et permettent d'éliminer chaque année les lignées les moins intéressantes.

Durant ce travail, on suit les populations en place pour confronter les observations effectuées en pépinière et en champs d'essais avec la réalité agricole. L'hétérogénéité de ces populations et la variabilité des conditions du milieu rendent ces comparaisons tout à fait nécessaires ; il serait même très utile d'établir des champs d'essai dans les milieux mêmes où les populations sont cultivées ; mais ceci n'a pu être réalisé encore.

Finalement, on obtient à partir de chaque population un certain

nombre de lignées parfaitement connues. Ces lignées sont plus ou moins différentes ; aussi, pour définir une population, est-on amené à admettre que toutes les lignées présentant en commun un certain nombre de caractères appartiennent à la même population ; les autres types sont alors considérés comme des impuretés.

Dans une telle distinction, il entre forcément une bonne part d'appréciation personnelle ; on évite cependant de tomber dans l'arbitraire par l'observation des populations en place et notamment en relevant les caractères qui se révèlent les plus fréquents. Ces caractères sont souvent des caractères morphologiques faciles à repérer, mais aussi des caractères physiologiques décelés en pépinière de sélection.

C'est de la sorte qu'a été entreprise cette description des populations de blé du Proche-Orient ; mais il n'y a que trois ans que ce travail a débuté, et cette étude est encore à l'état d'ébauche.

RÉSULTATS

Pour la commodité de l'exposé, nous avons groupé les grandes populations selon leurs affinités ; chacune de ces grandes populations est d'ailleurs susceptible de correspondre à des dénominations différentes, suivant les régions où elle est cultivée. Voici donc cette classification :

A. — BLÉS DURS (Triticum durum)

1° Epi très compact.

— type Syrien roux (Hamari),
— type Syrien blanc (Haurani, Bayadi, Saglaoui, Khatma, F8),
— type Jordanien (types Safrah).

2° Epi compact.

— type Yabroudi (Bayadi au Liban),
— type Moghrabi,
— type Kaff el Rahman (ou Nursi).

3° Epi demi lâche à demi compact.

— type Bekay,
— type Baladi de la plaine côtière Libano-Syrienne,
— type Naïmiye,
— type Djaljouli.

B. — BLÉS TENDRES (Triticum vulgare)

4° Epi lâche et barbu.

— type de montagne de la zone côtière (Liban, Alaouites),
— type de montagne de la zone moyenne (Djebel Zaouiye, Anti-Liban, régions de Salt et d'Ajlun),
— type de montagne du Djebel Sinjar.

5° Epi lâche et mutique.

— type Iraki.

1° Blés durs à épi très compact.

C'est le groupe le plus important, puisqu'il est prépondérant en Djezireh, dans les plaines du Nord-Syrien, dans le Hauran, et dans tout le nord-est de la Jordanie, d'Irbid à Karak. Or, ces régions fournissent 80 p. 100 de la production syrienne de blé, et 60 p. 100 de la production jordanienne. Au Liban, ce groupe n'est représenté qu'en Bekaa, où il couvre au plus 25 p. 100 de la surface.

Pour l'ensemble du Proche-Orient, cela représente donc plus de 50 p. 100 de la production totale. Il s'agit du reste de types originaux, que l'on ne trouve pas ailleurs.

Si on considère les conditions climatiques (1), dans lesquelles prospèrent les populations de ce groupe, on constate que toutes les Stations correspondant à leurs aires d'extension sont réunies dans l'étage bioclimatique semi-aride ; et la majorité dans la variété chaude de cet étage. Il ne s'agit donc pas seulement d'un groupe morphologique, défini par des caractères communs, mais d'un véritable écotype Syro-Jordanien.

Type Syrien roux (photos 1 et 2).

Ce type correspond à une population connue sous le nom de Hamari ; elle couvre environ le tiers des emblavures de la plaine Nord-Syrienne, et se retrouve à l'état sporadique en Djezireh, voire même dans le Hauran. Cette population est remarquable par son homogénéité, qui ne peut s'expliquer sans l'intervention de l'homme. On verra plus loin un exemple de sélection massale pratiquée de façon traditionnelle. Il en est sans doute de même pour le Hamari ; mais il n'a pas été possible de le vérifier.

(1) Voir « Quelques données sur le climat du blé dans le Proche-Orient ». (P. AURIAU).

Caractères morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : roux, très compact, de forme légèrement pyramidale, large à profil étroit, barbu à barbes parallèles, épillets resserrés.

Glume : relativement ample pour un blé dur.

Paille : grosse, demi pleine, courte.

Grain : blanc, peu allongé, très bossu, de texture vitreuse.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné (angle de 80° avec l'horizontale).

Glaucescence à l'épiaison : glauque à épi non glauque.

Port de la feuille de l'épi à l'épiaison : dressé.

Caractères physiologiques

Précocité : de l'ordre de celle du Florence Aurore 2511.

Alternativité : type Printemps.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :

Puccinia glumarum : assez résistant ; noté [1] 2 à 4 suivant les lignées.

Puccinia triticina : résistant ; noté 1 à 3 suivant les lignées.

Puccinia graminis : assez résistant ; noté 2 à 3 suivant les lignées.

Aptitudes culturales et technologiques

Tallage herbacé : moyen (quatre à cinq talles avec une densité de semis de cent cinquante plantes par mètre carré à Tell-Amara, en culture sèche, en 1956).

Résistance à la verse : bonne à très bonne.

Productivité : bonne, de l'ordre de celle de Senatore Cappelli.

Le principal facteur de rendement est le poids de mille grains, qui, à Tell-Amara, en culture sèche, en 1956, a varié de quarante à quarante-deux. Ensuite interviennent, suivant les lignées, soit le tallage-épi, soit le nombre de grains par épi.

[1] Notations de sensibilité effectuées de zéro à six (échelle de Melchers et Parker-Bull 1046 du Département de l'Agriculture des Etats-Unis).

0 : Immune, pas de sores.
1 : très peu sensible, quelques sores épars.
2 : peu sensibles, sores plus nombreux, mais dispersés.
3 : assez peu sensible, sores encore plus nombreux, se groupant par endroits.
4 : sensible, groupement de sores par plages.
5 : très sensible, sores groupés, très nombreux recouvrant presque toute la feuille.
6 : sensibilité maxima, toute la surface de la feuille recouverte.
N. B. — La note est toujours portée sur la feuille la plus atteinte.

Qualité du grain : pas très sensible au mitadinage,mais sensible à l'échaudage ; le principal facteur de rendement est donc assez aléatoire.

Type Syrien blanc (photos 3 à 6).

Ce type, le plus répandu du groupe, forme un ensemble hétérogène et très mêlé, que l'on retrouve dans toute la zone des blés durs très compacts, sous des noms différents : Khatma et F 8 en Jordanie — Haurani dans le Hauran — Bayadi dans la plaine Nord-Syrienne — Saglaoui en Djezireh.

Cependant, de cette masse confuse, les cultivateurs du village de Naoua [1], dans le Hauran, ont su tirer un type amélioré, dont les caractères sont conservés par la pratique, répétée depuis fort longtemps de façon traditionnelle, d'une sélection massale soignée. Chaque année, les habitants du village s'entendent pour le choix d'un champ, le plus beau, dont la production fournira les semences d'élite destinées à la multiplication. Ce champ est alors épuré minutieusement. Puis, sur l'aire de battage du village, les grains sont triés un à un en éliminant tous ceux qui semblent différents, échaudés ou mitadinés, de façon que chaque famille obtienne les dix-huit kilos de semence, triée de la sorte, qui lui sont nécessaires pour semer un dounoum (environ dix ares).

Ce dounoum représente la première multiplication, après laquelle vient la grande culture, qui constitue la seconde multiplication, dans le cas de plus en plus fréquent, où la récolte sera exportée comme semence. Et c'est ainsi que le renom du Haurani Naouaoui s'est étendu à toute la Syrie : à l'heure actuelle, on exporte des semences de Naoua jusqu'en Djezireh.

Le Haurani ordinaire ressemble au Naouaoui, surtout dans la partie centrale du Hauran. Il est probable que des renouvellements de semences effectués de temps en temps, ainsi que l'isolement de la population, assurent la conservation du type. En effet, sur les bordures méridionales du Hauran, là où le Haurani entre en contact avec d'autres populations, la proportion d'impuretés augmente considérablement ; nous avons trouvé vers Deraa, des champs qui ne renfermaient pas plus de 30 p. 100 de Haurani ; à ce stade, on ne sait plus à quelle population on a affaire.

Ceci est vrai aussi pour le Bayadi de la Syrie-Nord, constitué par un mélange de formes, dans lequel le type Naouaoui est toujours largement représenté, et forme le plus souvent l'élément dominant. Les autres constituants varient selon les milieux ; et sont en rapport étroit avec les autres populations du voisinage. C'est ainsi que, dans la région autour du Djebel Zaouiye, on trouve une proportion notable de blé tendre à épi lâche (blé de montagne), qui fait défaut ailleurs. Car le Bayadi, con-

(1) Observation de R. ECOCHARD.

trairement au Haurani, est cultivé côte à côte avec d'autres populations ; des mélanges se produisent sur les aires de battage ; et les croisements naturels sont fréquents ; c'est dans ces deux motifs qu'il faut voir la cause de ce que les cultivateurs appellent la dégénérescence du blé. Ceci est également vrai, en Djezireh, pour le Saglaoui, qui provient de semences importées de Naoua ; or ce blé « dégénère » rapidement, ce qui oblige à renouveler les semences.

C'est encore le cas des types Khatma cultivés en Jordanie au contact d'autres populations, en particulier de la population des blés à épis très compacts, que nous avons appelée Jordanienne, et avec laquelle les croisements sont fréquents. Cependant, dans ce cas, il est possible qu'une certaine sélection massale soit pratiquée, comme à Naoua, en différents villages, notamment Jubeiha, Salt ; c'est un point que nous n'avons pas pu élucider.

Tout autre est le cas du F 8, qui se rattache aussi à la population du type Syrien blanc, et qui, sous l'influence des Services Officiels, se répand de plus en plus en Jordanie. Ce blé provient d'une sélection effectuée à la Station de Akka en Palestine ; d'où il a été introduit, en Transjordanie, il y a dix-huit ans. Il se présente comme une population relativement homogène mais renfermant tout de même une proportion notable d'impuretés diverses. Nous ignorons jusqu'à quel stade la sélection avait été poussée ; mais il semble qu'on assiste, faute de précautions suffisantes pour la multiplication des semences, à un lent retour à l'état de population proprement dit.

On trouvera, en Annexe, des photographies d'épis de diverses provenances, qui caractériseront les rapports étroits qui existent entre ces différents types. Et après ce long préambule, nous allons pouvoir passer à la description du Haurani Naouaoui, comme étant caractéristique du groupe, et au demeurant celui que nous connaissons le mieux.

Caractères morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes parallèles, court, très compact, de forme parallèle ; épillets resserrés, se chevauchant souvent tant les articles du rachis sont courts.

Glume : relativement ample pour un blé dur.

Paille : grosse, demi-pleine, résistante, d'une hauteur moyenne égale à celle du Florence Aurore 2511, et inférieure à celle du Senatore Cappelli en conditions favorables — (à Tell-Amara, la hauteur varie de un mètre à un mètre vingt selon les années).

Grain : blanc, vitreux, petit à moyen, peu allongé, très bossu et

comprimé latéralement, ce qui lui donne une physionomie particulière. Poids de mille grains assez élevé (à Tell-Amara, il oscille autour de quarante grammes).

B. — *En végétation.*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné (angle moyen de 80° avec l'horizontale).

Glaucescence à l'épiaison : entièrement glauque.

Port de la feuille de l'épi à l'épiaison : dressé.

Caractères physiologiques

Précocité : de huit jours plus précoce que le Senatore Cappelli, en moyenne, de même précocité que le Forence Aurore 2511. Pour fixer les idées, les épiaisons se font selon les années du 15 avril au 5 mai, dates extrêmes, à Tell-Amara, en culture sèche, avec semis effectués du 15 novembre au 15 décembre. L'amplitude de la variation au sein de toute la population est du reste faible ; et ne dépasse pas une semaine pour une année donnée.

Alternativité : type Printemps.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :

Puccinia glumarum : sensibilité variable ; noté 2 à 5 selon les lignées.

Puccinia triticina : sensibilité variable, noté 1 à 4 selon les lignées.

Puccinia graminis : sensibilité variable, noté 1 à 6 selon les lignées.

Ustilago tritici : paraît très peu sensible dans les conditions locales.

Noter, que dans la zone d'extension de cette population (étage climatique semi-aride), les rouilles constituent rarement un problème important, sauf cependant dans certains secteurs irrigués.

Résistance au froid : paraît bonne et en tout cas parfaitement suffisante pour la zone d'extension de cette population. Les données précises nous manquent concernant la résistance à de grands froids.

Aptitudes culturales et technologiques

Tallage herbacé : moyen (cinq à six talles à Tell-Amara en culture sèche, avec densité de cent cinquante plantes au mètre carré, en 1955-1956) comparable à celui de Senatore Cappelli ou de Florence Aurore 2511.

Tallage-épi : assez faible (un et demi à deux dans les conditions précédentes).

Résistance à la verse : bonne, inférieure à celle du Hamari.

Productivité : bonne, égale à celle du Senatore Cappelli en conditions favorables ; c'est-à-dire en sols profonds avec une pluviométrie d'au

moins six cents millimètres ou des irrigations. Supérieure, par contre, en conditions moins favorables.

Pour fixer les idées, à Tell-Amara, en culture sèche, on obtient avec du Haurani type Naouaoui vingt à vingt-cinq quintaux par hectare ; en culture irriguée, on peut obtenir plus de quarante quintaux à l'hectare. C'est cette aptitude qui explique le succès de cette population et la considérable extension qu'elle a prise. Les facteurs responsables de cette productivité sont, par ordre d'importance décroissante :

— la fertilité de l'épi : trente grains par épi en moyenne avec une densité de deux cent cinquante épis au mètre carré, en 1956 ;

— le poids de mille grains : quarante à quarante-deux grammes dans les mêmes conditions ;

— le tallage-épi : 1,7 en moyenne avec une densité de cent cinquante plantes au mètre carré.

Toutefois il s'agit là d'une moyenne ; et il existe des différences significatives entre les rendements obtenus avec différentes lignées tirées de la population, de même qu'entre les facteurs du rendement ; et ceci montre bien la supériorité de la sélection généalogique sur la sélection massale.

Qualité du grain : nous ne disposons, pour l'instant, que de résultats [1] obtenus sur un échantillon prélevé dans la population ; l'étude des lignées doit être entreprise prochainement. Le diagramme obtenu avec l'Alvéographe de Chopin montre qu'il s'agit d'un blé de mauvaise valeur boulangère à gluten très court. Pour un « W » moyen (92), on a un indice de gonflement très faible (G = 11,50), qui empêcherait tout bon développement du pain, tout au moins du pain fabriqué suivant la technique européenne ; il n'est pas inutile de le préciser ; car le pain consommé dans le Proche-Orient est peu ou pas fermenté. Le pouvoir diastasique est moyen, si l'on considère le maximum obtenu à l'Amylographe Brabender. Par contre, le Zymotachygraphe Chopin montre une proportion de maltose de beaucoup supérieure à celle que l'on pourrait attendre d'après l'Amylogramme. Ce sont, en somme, des caractéristiques de blé dur.

Cette population, assez peu sensible à l'échaudage est très sensible au mitadinage dans son ensemble ; et c'est là son défaut majeur. De ce fait, le cours auquel est acheté ce grain, peut être inférieur de 25 p. 100 au prix auquel est acheté le Senatore Cappelli. Il apparaît cependant des différences de sensibilité selon les lignées ; mais, pour obtenir un grain de belle qualité, il semble bien qu'il faudra recourir aux croisements.

En définitive, cette population paraît digne d'intérêt et mérite un effort d'amélioration.

(1) Analyse effectuée par M. BURE dans les Laboratoires de l'Ecole Française de Meunerie.

Il est remarquable que le type Naouaoui accumule les caractères récessifs : couleur de l'épi et du grain, glaucescence, ce qui facilite la sélection massale, et lui assure une plus grande efficacité.

Type Jordanien (photos 10 à 12).

Ce type correspond à tous les blés connus en Jordanie sous le nom de Safrah, qui se distinguent par l'absence de glaucescence, et que l'on retrouve de Jerash à Maan dans l'Extrême-Sud. Ces blés se révèlent extrêmement proches les uns des autres ; on peut donc les considérer comme formant une seule population. Nos observations sont encore peu avancées en ce qui les concerne ; nous avons cependant ramassé de nombreux hybrides entre ce type et le type Naouaoui ; et l'étude des disjonctions nous a permis de constater, que le caractère glauque/non glauque était monofactoriel ; le non-glauque étant dominant strict. Le Safrah-Jerash va être décrit ici comme représentant du type.

Caractères morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes parallèles, de longueur moyenne, compact de forme parallèle, épillets resserrés.

Glume : allongée, à bec long, aigu.

Paille : grosse, demi-pleine, plus haute d'une dizaine de centimètres que celle du Haurani.

Grain : blanc, vitreux, plus allongé, moins bossu que celui du Haurani.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné (angle de 80°).

Glaucescence à l'épiaison : entièrement dépourvu de glaucescence.

Port de la feuille de l'épi à l'épiaison : dressé.

Caractères physiologiques

Précocité : légèrement plus tardif que le Haurani (trois à quatre jours).

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :

Puccinia glumarum : sensible à très sensible.

Puccinia triticina : résistant.

Puccinia graminis : résistant.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : un peu plus faible que pour Haurani.

Tallage-épi : supérieur à celui du Haurani.

Résistance à la verse : bonne, comme Haurani.

Productivité : bonne, égale à celle du Haurani ; mais les facteurs de rendement se classent différemment ; soit, par ordre décroissant :

le poids de mille grains ;

le tallage-épi ;

la fertilité de l'épi.

Qualité du grain : nous ne possédons pas de données précises sur ce sujet ; tout au plus, pouvons-nous noter une moindre sensibilité au mitadinage.

2° Blés durs à épi compact.

Ce groupe, beaucoup moins important que le précédent, réunit de petites populations assez différentes; mais qui se trouvent posséder en commun le caractère glumes velues.

Type Yabroudi (photo 13).

Ce blé est cultivé exclusivement à l'irrigation. A Yabroud, il occupe toutes les surfaces consacrées à cette céréale dans la cuvette de quelques milliers d'hectares, qui constitue la région de Yabroud (en zone sèche, on trouve cependant un autre blé tendre, barbu à épi lâche). On le trouve encore à Maaoula, dans la Goutta de Damas, et en Bekaa, où il est connu sous le nom de Bayadi, et couvre de faibles surfaces. Cette population est donc cantonnée dans les pourtours de l'Anti-Liban ; et son importance est faible. Elle est relativement homogène ; et la description d'une seule lignée suffira, quitte à indiquer les variantes.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes parallèles teintées de noir, de longueur moyenne, compact, de forme parallèle, épillets resserrés.

Glume : allongée, à surface externe velue.

Paille : demi-creuse, résistante, d'une hauteur égale à celle du Senatore Cappelli.

Grain : blanc, vitreux, allongé, bossu, embryon gros, saillant.

B. — *En végétation*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné.
Glaucescence à l'épiaison : glauque.
Port de la feuille de l'épi à l'épiaison : dressé.
Couleur des anthères : violette (certaines de nos lignées ont des anthères jaunes).

Caractères physiologiques

Précocité : de cinq à six jours plus tardif que le Senatore Cappelli, et de quinze jours plus tardif que le Haurani ; c'est une population tardive ; et c'est là son principal défaut.
Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :
Puccinia glumarum : sensible (noté 4),
Puccinia triticina : sensible (noté 4),
Puccinia graminis : sensible (noté 4).

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : moyen, de l'ordre de celui du Hamari.
Tallage-épi : assez faible, comme Haurani.
Résistance à la verse : assez bonne, inférieure à celle du Haurani.
Productivité : médiocre, inférieure à celle de Senatore Cappelli en culture irriguée ; les facteurs de rendement sont, par ordre d'importance décroissante :
le poids de mille grains,
la fertilité de l'épi,
le tallage épi.
Qualité du grain : C'est un beau blé dur, moins sensible au mitadinage que le Haurani. Cependant, à l'irrigation, le mitadinage arrive souvent à être très important.

Type Moghrabi (photo 14).

Cette population, sur laquelle nous n'avons guère de renseignements, est cultivée dans la région de Karak ; elle semble peu importante.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, gros, de forme légèrement pyramidale, barbu à barbes parallèles noires, épillets resserrés.
Glume : très allongée, rappelant un peu celle du Tr. polonicum.

Paille : demi pleine, grosse, résistante, plus haute que celle de Senatore Cappelli d'une dizaine de centimètres, donc très haute.

Grain : blanc, vitreux, de forme allongée, à profil arqué, comprimé latéralement.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné.

Glaucescence à l'épiaison : glauque.

Caractères physiologiques

Précocité : plus tardif que le Haurani d'une dizaine de jours.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques : paraît sensible à très peu sensible aux attaques de P. glumarum et résistant aux autres rouilles.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : assez faible.

Qualité du grain : peu sensible au mitadinage, sensible à l'échaudage.

Types Kaff El Rahman et Nursi (photos 15 et 16).

On a réuni ces deux types, qui paraissent extrêmement voisins.

Le type Nursi tire son nom de Nurs, village de la plaine de Jenin (près de Beit Quad) ; et c'est dans cette plaine qu'il est actuellement cultivé.

Le type Kaff el Rahman est cultivé dans la région d'Irbid.

Si l'on ignore les liens qui peuvent unir ces deux types, du moins constate-t-on, que en plus d'une grande ressemblance morphologique, ils sont cultivés dans des conditions climatiques semblables, Jenin et Irbid se trouvent toutes deux situées dans l'étage semi-aride, variété chaude.

C'est le Kaff el Rahman qui sera décrit, étant entendu que cette description vaut pour le type Nursi.

Caractères morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes parallèles noires, assez petit, de forme parallèle; épillets resserrés.

Glume : allongée, surface externe velue.

Paille : pleine, de grosseur moyenne, d'une hauteur égale à celle du Haurani.

Grain : blanc ambré, de texture vitreuse, de forme allongée, comprimé latéralement : profil arqué.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné.
Glaucescence à l'épiaison : glauque.
Port de la feuille de l'épi à l'épiaison : légèrement incliné.

Caractères Physiologiques

Précocité : aussi précoce que le Haurani.
Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques : sensible aux attaques de Puccinia glumarum, et résistant aux autres rouilles.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : moyen.
Productivité : médiocre.
Qualité du grain : paraît bonne, peu sensible au mitadinage.

3° Blés durs à épi lâche à demi-compact.

Ce groupe, plus important que le précédent, rassemble des populations qui diffèrent par leurs principaux caractères, notamment par leur écologie.

Cependant, elles possèdent en commun les caractères suivants :
épi petit, demi-lâche à demi-compact ;
paille fine, peu résistante, assez courte ;
tallage épi assez fort ;
grande sensibilité à la verse.

Type Bekay (photo 19).

C'est, comme son nom l'indique, le blé de la Bekaa ; et on ne le rencontre pas ailleurs. Actuellement, il n'est plus guère cultivé ; mais il semble bien que ce soit l'ancienne population de la région. Il s'agit d'un ensemble hétérogène, où l'on trouve mêlées plantes glauques et non glauques, grains blancs et grains roux, sans parler de menues différences dans la forme de la glume, la résistance aux maladies ou les facteurs du rendement. Mais ces variations se trouvent combinées de telle sorte qu'il n'est pas possible, comme pour les blés durs à épi très compact, de considérer la population comme constituée par un type de base, plus ou moins mêlé d'impuretés. En réalité, ce mélange et cette combinaison de gènes allèles est l'une des caractéristiques de la population.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes légèrement divergentes, assez petit, de forme parallèle ; épillets resserrés.

Glume : allongée, étroite, surface externe non velue.

Paille : fine, demi-pleine, peu résistante.

Grain : roux ou blanc, allongé, légèrement bossu, comprimé latéralement.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : de dressé-incliné à incliné (de 50° à 60° avec l'horizontale).

Glaucescence à l'épiaison : glauque ou non glauque.

Port de la feuille de l'épi à l'épiaison : de dressé à légèrement incliné.

Caractères Physiologiques

Précocité : de six à douze jours plus tardif que le Haurani.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :

Puccinia glumarum : sensible à très sensible (noté de 3 à 5 à Tell-Amara).

Puccinia triticina : généralement peu sensible (noté de 2 à 4 à Tell-Amara).

Puccinia graminis : sensible à très sensible (noté de 2 à 6 à Tell-Amara).

Résistance au froid : suffisante dans son milieu d'origine.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : moyen, comparable à celui du Haurani (cinq à six talles à Tell-Amara en culture sèche, en 1956 ; avec une densité de 152 à 167 plantes au mètre carré).

Tallage épi : fort, très supérieur à celui du Haurani, encore qu'il existe des différences significatives entre lignées différentes (a varié de 2,05 à2,42 das les conditions précédentes).

Résistance à la verse : mauvaise.

Productivité : bonne ou très bonne suivant les lignées. Dans les conditions de Tell-Amara et en culture sèche, les meilleures lignées de Bekay valent les meilleures lignées de Haurani.

Les facteurs de rendement sont, par ordre d'importance décroissante :

le tallage épi (voir ci-dessus) ;

le poids de mille grains : a varié de 42 à 47 en 1956 avec une densité de 300 à 400 épis au mètre carré ;

le nombre de grains par épi : a varié de 21 à 28 dans les mêmes conditions.

A noter que c'est le facteur nombre de grains par épi, qui est le principal responsable des différences de rendement enregistrées entre lignées différentes.

Qualité du grain : paraît assez bonne, moins sensible au mitadinage que le Haurani.

Observations générales

Cette population paraît donc intéressante pour la culture sèche par sa productivité et la qualité de son grain. Il semble que l'absence de sélection soit responsable de la défaveur qu'elle subit.

Néanmoins, elle présente de gros défauts : sensibilité aux rouilles et à la verse.

C'est donc surtout comme géniteurs que nous conserverons les lignées en cours de sélection.

Type Baladi de la Plaine Côtière Libano-Syrienne (photos 20 à 23).

Cette population est, comme le Bekay, assez hétérogène; et là aussi, il faut considérer le mélange de certains gènes allèles comme une caractéristique de la population. Par ailleurs, elle se distingue par un groupe de caractères relativement constants, dont le moindre n'est pas son écologie. Il est, en effet, intéressant d'observer que cette population, cultivée sur la plaine côtière, sur le versant du Mont-Liban tourné vers la mer, et dans les Alaouites, est restée cantonnée dans l'étage climatique subhumide. Nous avons pu la cultiver à Tell-Amara sans difficulté; mais là, nous sommes encore dans l'étage subhumide, de variété moyenne.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes parallèles à légèrement divergentes, noires ou blanches, demi compact, assez court, pas très gros, épillets resserrés.

Glume : de forme allongée.

Paille : pleine ou demi-pleine, assez fine, peu résistante, d'une hauteur moyenne égale à celle du Haurani.

Grain : blanc ou roux, allongé, légèrement bossu, de texture vitreuse, assez petit.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : très variable, de demi-étalé à demi-incliné (de 25° à 70° avec l'horizontale).

Glaucescence à l'épiaison : glauque ou non glauque.

Caractères Physiologiques

Précocité : très variable, de quatre à sept jours plus tardif que Haurani pour la plupart des têtes de lignée.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques : sensible ou très sensible à P. glumarum, sauf quelques têtes de lignée, qui ont manifesté des qualités de résistance, peu sensible aux autres rouilles. Notons que, dans la zone côtière, P. glumarum se développe mal en raison de la température élevée.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : assez fort.

Tallage épi : fort.

Résistance à la verse : mauvaise.

Productivité : inférieure à celle du Senatore Cappelli dans son milieu d'origine. Cependant, la sélection peut faire apparaître des lignées productives.

Qualité du grain : très variable, souvent sensible au mitadinage.

Observations Générales

La population se présente comme un mélange renfermant environ 35 p. 100 de plantes à barbes noires, 45 p. 100 de plantes à barbes blanches, et 15 p. 100 de types ne se rattachant pas à la population. : Tr. vulgare, Tr. polonicum, types très différents. C'est sans doute la population la plus hétérogène que nous ayons rencontrée dans le Proche-Orient ; ce qui peut s'expliquer par l'absence de sélection massale et par le climat qui favoriserait particulièrement les fécondations croisées ; mais, ce dernier point demanderait à être confirmé.

Type Naïmiyé (photo 24).

Ce type est cultivé en Jordanie, dans la région de Naplouse et de Salt, c'est-à-dire dans l'étage climatique subhumide.

Il ressemble tant au Baladi de la plaine côtière Libano-Syrienne, qu'il paraît superflu de le décrire.

Il faut toutefois observer que les échantillons qui nous ont été envoyés de Jordanie, ont tous les barbes noires ; mais, ces échantillons ont

déjà subi une sélection massale ; et il serait nécessaire de se reporter à la population en place, ce qui n'a pu être fait.

Type Djaljouli (photo 18).

Ce type est cultivé sur de faibles surfaces dans le sud du plateau Jordanien, dans la région de Tafila, donc dans l'étage bio-climatique semi-aride.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc, barbu à barbes parallèles, de forme parallèle, assez petit ; épillets resserrés.

Glume : de forme allongée, à surface externe velue.

Paille : pleine, assez fine, peu résistante, de hauteur moyenne, semblable à celle du Haurani.

Grain : blanc, vitreux, de forme allongée.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : dressé à légèrement incliné.

Glaucescence à l'épiaison : glauque.

Caractères Physiologiques

Précocité : varie légèrement ; de quatre à cinq jours plus tardif que le Haurani.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques légèrement sensible à P. glumarum ; paraît résistant aux autres rouilles.

Aptitudes culturales

Tallage herbacé : assez fort.

Tallage épi : fort.

Résistance à la verse : mauvaise.

4° Blés tendres à épis lâches et barbus.

Ce groupe renferme de nombreux blés localisés dans les montagnes ou autour des montagnes. On ne les rencontre qu'exceptionnellement dans les grandes plaines.

Type de montage de la zone côtière (photos 27 à 30).

Ce type se rencontre dans le Liban-Nord, et aussi ça et là dans les montagnes des Alaouites. C'est un type en régression, semble-t-il, puisque en bien des endroits, on ne le trouve qu'à l'état d'impuretés dans les autres types. C'est une population hétérogène, où l'on trouve les quatre combinaisons possibles des deux couples de caractères épi roux ou blanc, grain roux ou blanc ; à quoi s'ajoutent des différences dans le port au tallage ; et parfois la glaucescence. Cette population diffère des blés tendres à épi lâche et barbu de l'intérieur par un caractère au moins : la paille est plus grosse, plus courte.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : roux ou blanc, barbu à barbes divergentes, lâche, de forme effilée, épillets resserrés.

Glume : allongée, base étroite, plissée, empreinte réduite, surface externe lisse, texture dure.

Paille : pleine ou demi-pleine à demi-creuse, grosse hauteur moyenne : un peu supérieure à celle du Florence Aurore.

Grain : roux ou blanc, de texture partiellement vitreuse, de forme allongée, légèrement bossue.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : varie de incliné à étalé (de 45° à 0° avec l'horizontale).

Glaucescence à l'épiaison : le plus souvent glauque.

Caractères Physiologiques

Précocité : variable, en moyenne de quinze jours plus tardif que le Florence Aurore 2511.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques : le plus souvent très sensible aux diverses espèces de rouilles ; cependant, nous avons repéré des têtes de lignées, qui font preuve de résistance, voire d'immunité.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Nous ne possédons pas de renseignements suffisants sur ce point.

Cependant, le tallage épi paraît généralement élevé.

Nous avons remarqué de grosses différences entre têtes de lignées ; on peut donc espérer trouver des types intéressants.

Observations Générales

On trouve, mêlés à cette population, des types de blé tendre barbu à épi demi-lâche à demi-compact. Cependant, nous n'avons jamais rencontré ces types à l'état isolé. Et la proportion en est toujours faible.

Type de montagne de la zone moyenne (photos 31 à 34).

Ce type se rencontre dans le Djebel Zaouiye, l'Anti-Liban, et les régions montagneuses de Salt et d'Ajlun. C'est, cependant, l'Anti-Liban qui en est le centre principal ; et de là, il déborde plus ou moins sur les plaines environnantes, et notamment sur la Bekaa (région de Baalbeck). C'est le type de blé des cultures maigres, qui s'étendent sur les pentes abruptes et rocailleuses, ou encore sur les hauts plateaux secs et caillouteux de l'Anti-Liban. En Bekaa, il est cantonné dans la partie semi-aride et généralement sur sols squelettiques.

Les observations effectuées en pépinière ont confirmé l'adaptation toute particulière de ce type à des conditions, où normalement la culture du blé serait impossible ; il manifeste en particulier de remarquables facultés de tallage, ainsi qu'une non moins remarquable résistance à l'échaudage (courbes de Geslin).

On le rencontre sous des noms différents (Breije, Mecherkani, Salamouni) suivant les localités, le plus connu étant Salamouni ; mais ces noms ne correspondent pas à des caractères différents ; ils recouvrent une même population toujours très hétérogène. En effet, les quatre combinaisons possibles des caractères de couleur du grain et de l'épi existent là aussi en mélange ; sans parler des variations portant sur d'autres caractères, dont les plus importants portent sur la résistance aux maladies cryptogamiques. Notons, toutefois, que l'on rencontre selon la région, une majorité d'épis blancs ou d'épis roux, ce qui semblerait indiquer l'intervention d'une certaine sélection massale.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : très lâche, de forme effilée, barbu à barbes divergentes, roux ou blanc ; épillets resserrés.

Glume : étroite, allongée, base étroite généralement peu plissée ; troncature droite plus ou moins développée, parfois estompée ; empreinte réduite ; pilosité interne réduite, texture peu souple ; surface externe lisse.

Paille : demi-creuse, fine, d'une hauteur moyenne égale à celle du Florence Aurore 2511.

Grain : roux ou blanc, de texture farineuse, de forme allongée.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : varie de incliné à étalé (de 45° à 0° avec l'horizontale).

Glaucescence à l'épiaison : généralement glauque ; cependant, on observe des disjonctions de glaucescence portant sur la plante entière ou sur l'épi seul. Il nous est apparu que, dans ce cas, le caractère était plurifactoriel ; le glauque paraissant cependant dominer le non glauque.

Caractères Physiologiques

Précocité : varie beaucoup ; de quatre à douze jours plus tardif que le Florence-Aurore 2511, selon les lignées.

Alternativité : type demi-hiver ; cependant nous n'avons pas encore les moyens d'entreprendre une étude systématique de nos lignées pour ce caractère.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques : Il convient de noter ici les grandes différences que l'on peut observer entre lignées différentes, parfois de même origine ; d'où l'intérêt de la sélection.

Puccinia glumarum : de l'immunité à la sensibilité maxima ; on peut trouver tous les degrés.

Puccinia triticina : sensibilité très variable.

Puccinia graminis : généralement sensible ou très sensible ; cependant, nous possédons quelques lignées plus résistantes.

Sensibilité au froid : Cette population, cultivée dans des zones froides, semble assez résistante ; mais il nous a semblé observer des différences entre les lignées ; cependant, nous sommes mal placés pour pouvoir en juger correctement.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : variable selon les lignées, mais généralement fort.

Tallage épi : très fort en conditions favorables (Tell-Amara), environ double de celui du Florence-Aurore 2511. Il reste évidemment faible dans les conditions difficiles (1,0-1,5). Cette faculté explique en partie la valeur colonisatrice de cette population.

Résistance à la verse : très mauvaise, avec cependant des différences entre lignées.

Productivité : faible en conditions favorables, par rapport à un témoin tel que Florence-Aurore ; elle devient relativement élevée dans les conditions désavantageuses, où ce blé est cultivé, et où aucun autre type ne réussirait.

Observations Générales

L'amélioration de la culture du froment dans la plupart des zones réservées à cette population est un problème sans espoir ; il ne faut pas non plus espérer en tirer des lignées à hauts rendements.Par contre, on peut espérer y trouver quelques géniteurs intéressants pour leur résistance à la rouille jaune et à l'échaudage, qui croisés avec un type précoce pourrait donner des variétés intéressantes en zones à faible pluviométrie et à sol maigre.

Type de montagne du Djebel Sinjar (photos 35 et 36).

Ce type est cultivé non seulement en Irak, dans le Djebel Sinjar, et les alentours, mais aussi dans la Djezireh Syrienne, où il est connu sous le nom de Kandahari, nom qui semblerait indiquer que ce blé provient de la région de Kandahar ; encore qu'il faille se méfier des appellations de ce genre. Quoiqu'il en soit, il est très probable que cette population a été introduite en Djezireh par les Assyriens émigrés du Djebel Sinjar.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : roux ou blanc, très lâche, de forme effilée, assez petit, barbu à barbes divergentes ; épillets resserrés.

Glume : de forme allongée, nervure latérale épineuse ou non, empreinte généralement développée, surface externe lisse.

Paille : demi-creuse, fine, d'une hauteur moyenne, comme Florence-Aurore.

Grain : roux ou blanc, de forme allongée, légèrement bossu.

B. — En végétation.

Port au tallage : varie de incliné à étalé (de 45° à 0° avec l'horizontale.

Glaucescence à l'épiaison : glauque, à épi non glauque.

Caractères Physiologiques

Précocité : aussi précoce ou légèrement plus précoce que le Florence Aurore 2511.

Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :

Puccinia glumarum : sensible à très sensible.

Puccinia triticina : paraît peu sensible.

Puccinia graminis : résistant à sensible selon les têtes de lignées.

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : assez fort.
Résistance à la verse : mauvaise.
Productivité : semble médiocre.

Observations Générales

Cette population cultivée dans une région qui se situe à la limite entre les étages semi-aride et aride, paraît susceptible de fournir des géniteurs intéressants pour donner de la résistance à la sécheresse.

5° Blés tendres à épi lâche et mutique (photo 37)

Ce groupe ne renferme qu'une population connue sous le nom de Iraki. Cette population est exclusivement cultivée dans la plaine côtière Libano-Syrienne, donc dans l'étage climatique subhumide variété chaude. Elle se présente comme relativement homogène, contrastant par là avec le Baladi cultivé dans la même région ; et ceci serait en faveur de l'hypothèse d'une introduction récente effectuée peut-être d'Irak, comme son nom semblerait l'indiquer.

Caractères Morphologiques

A. — *A maturité.*

Epi : blanc fauve, mutique, lâche, court, assez petit ; épillets peu ouverts.

Glume : ample, base plissée, troncature droite, développée, bec droit, empreinte réduite.

Paille : demi-pleine, assez résistante, de hauteur moyenne, comme le Florence-Aurore 2511.

Grain : blanc, vitreux, un peu allongé, brosse fournie.

B. — *En végétation.*

Port au tallage : incliné.
Glaucescence à l'épiaison : glauque.

Caractères Physiologiques

Précocité : comme Florence Aurore 2511.
Comportement à l'égard des maladies cryptogamiques :
Puccinia glumarum : assez sensible (noté 2, en moyenne, en 1956).
Puccinia triticina : résistant (noté 0 en 1956).
Puccinia graminis : résistant (noté 0 à 1, en 1956).

Aptitudes Culturales et Technologiques

Tallage herbacé : moyen, comme le 2511.
Tallage épi : moyen, comme le 2511.
Résistance à la verse : bonne.
Productivité : paraît inférieure à celle du 2511.
Qualité du grain : paraît aussi bonne que celle du 2511.

Observations générales

A côté du type qui vient d'être décrit, les cultivateurs désignent souvent sous le nom d'Iraki deux types nettement différents. D'abord, le type Douchani (photo 38) qui est une Tuzelle, jadis importée par un certain Duchêne, dont la culture est pratiquement abandonnée, mais dont il subsiste des vestiges en tant qu'impuretés dans les autres types. Ensuite du Florence Aurore typique (photo 39) importé à une époque assez récente et baptisé Iraki par assimilation. Il est d'ailleurs hors de doute, qu'il y ait avantage à substituer le Florence-Aurore à l'Iraki.

CONCLUSION

Cette étude encore bien sommaire ne saurait prétendre à être plus qu'un débroussaillage. Nous avons passé sous silence nombre de populations d'importance secondaire quant à leur extension, mais susceptibles peut-être de fournir quelques types intéressants. Qu'il nous suffise de citer le Rieti el Tafila (photo 26) cultivé dans le sud de la Jordanie, qui est un Triticum polonicum, le Saouadi de la région nord du Djebel Zaouiye (photo 17), et les populations d'origine turque cultivées le long de la frontière entre Ras-el-Ain et Djerablous, qui du reste seraient plutôt à étudier dans le cadre de la Turquie.

Par ailleurs, on a pu se rendre compte, tout au long de ce texte, que le nombre de questions laissées sans réponse dépassait de beaucoup celui des problèmes résolus. Mais il n'est pas inutile quelquefois de signaler les directions, vers lesquelles on pourra orienter ses recherches.

Au nombre de ces questions, il en est qui semblent particulièrement importantes ; ce sont celles qui concernent la physiologie de l'eau dans la plante. En effet, comme nous l'indiquions à propos des blés durs à épi très compact, la majeure partie des grandes régions à blé du Proche-Orient se trouve groupée dans l'étage bioclimatique semi-aride, variétés chaude et moyenne. La sécheresse et la chaleur sont donc les principaux obstacles à une augmentation des rendements. Si l'on considère en particulier, que l'échaudage est un phénomène habituel pour ces régions, on concevra tout l'intérêt que représente une variété résistante.

On a entrepris, à Tell-Amara, une étude générale du phénomène de l'échaudage, effectuée selon la technique de H. GESLIN sur des lignées tirées des populations de pays et sur nos témoins habituels : Florence Aurore 2511 et Senatore Cappelli.

Ceci a déjà permis d'observer que le phénomène d'échaudage se produisait, comme en France, lorsque la température sous abri dépassait 30° durant le palier qui caractérise la courbe de quantité d'eau dans mille grains en fonction de $\Sigma K - (K = t\sqrt{R})$.
(t = température moyenne ; R = radiation globale). Or, de telles conditions sont extrêmement fréquentes dans la région qui nous intéresse, avec la précocité des types actuellement cultivés.

Cependant, on a observé que le type Salamouni se signalait par des qualités de résistance très intéressantes, qui indiquent une possibilité d'amélioration par sélection de lignées résistantes aux températures supérieures à 30°.

Par ailleurs, il serait intéressant de chercher dans quelle mesure une plus grande précocité peut permettre une meilleure utilisation des réserves d'eau hivernales. La recherche de types précoces est donc un deuxième objectif à poursuivre.

Mais, un autre problème doit retenir l'attention, c'est celui de la qualité du grain. A la vérité, tant que la récolte est consommée sur place — c'est le cas du Liban et de la Jordanie — le problème ne se pose pas de façon très aiguë, les consommateurs étant habitués à la production locale. Lorsque, par contre, — et c'est le cas de la Syrie — il s'agit d'exporter, le problème de la qualité devient primordial. On a vu déjà la disparité de 25 p. 100 entre le Senatore Cappelli et les types Syriens, due au mitadinage, qui affecte plus particulièrement ces derniers. S'il paraît possible de trouver des lignées résistantes, il semble bien que l'on ne pourra résoudre correctement ce problème que le jour où l'on aura démonté le mécanisme de ce phénomène, afin d'en découvrir les causes, et de mettre au point une méthode permettant d'éprouver les lignées de façon certaine.

D'autres questions moins importantes sans doute mériteraient cependant d'être prises en considération dans un « Programme d'Amélioration du Blé pour le Proche-Orient ». Il s'agit d'abord de la résistance aux rouilles ; mais ce problème ne revêt d'importance que dans les régions situées dans l'étage subhumide ; c'est-à-dire dans la plaine côtière (rouille noire) ; et en Bekaa (rouille jaune). Le charbon semble peu à redouter ; cependant, avec la généralisation de la culture de variétés sensibles comme le Florence Aurore, la question pourrait se poser dans la zone côtière.

La résistance à la verse est également à considérer pour les blés destinés aux régions humides ou à la culture irriguée ; mais ce problème est relativement facile à résoudre.

Pour terminer, nous espérons que cette étude préliminaire pourra, toute incomplète qu'elle soit, rendre service à ceux qui s'intéressent aux problèmes du blé dans le Proche-Orient ; et c'est pourquoi nous nous sommes permis de la publier sans attendre davantage.

SUMMARY

Preliminary study on wheat populations cultivated in the Near East

At the Lebanese-French Agricultural Station of Tell-Amara, a study of wheat populations cultivated in the Near East has been carried on from 1952 to 1956. First, these populations have been observed in the field; then, many spikes have been collected and brought to the Station to be studied. These spikes have been at the origin of the selection of lines susceptible to be used directly of by hybridization. The technics used has been the mass-pedigree method of J. B. HARRINGTON.

Thus, ten populations of durum wheats and five populations of vulgare wheats have been distinguished and studied. Among the isolated lines, some were significantly more productive than the average of the population; besides, the yield components have been studied. However, the technological value of the grain seems to be insufficient and the work will be carried on in that direction.

J. 709154.

РЕЗЮМЕ

Предварительное исследование популяций пшеницы, возделываемых на Ближнем Востоке

ЛИНБОН и ОРИО.

Изучение популяций пшеницы, культивируемых на Ближнем Востоке, было проведенно на ливано-французской агрономической станции Тель-Амара от 1952 го 1956 года. Эти популяции были, сначала, осмотренны на местах, затем, колоски были собранны и введенны на Станцию для изучения, эти колоски были исходным материалом селекции линий, для прямого использования или-же для гибридизации. Техника была та-же что в массово-педигрейном методе I. B. Harrington, исходя из репродукции родоначальников линий.

Таким образом, десять популяций твердой пшеницы (Triticum durum) и пять популяций мягкой (Triticum vulgare) были отличенны и изученны. Среди изолированных линий, некоторые оказались, значуще, более продуктивными, чем средняя популяции; факторы продуктивности были также исследованны. Однако, технологическая ценность зерна кажется недостаточной; предпринятая работа будет продолжаться в этом направлении.

Фотографическая репродукция колосов приложена к тексту.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorläufige Untersuchung über die angebauten Weizenpopulationen des nahen Ostens

Von 1952 bis 1956 wurden, in der libanesisch-französichen Landwirtschaftlichen Versuchsstation von Tell-Amara Untersuchungen über die angebauten Weizenpopulationen des nahen Ostens durchgefürt.

Die Populationen wurden zuerst an Ort und Stelle beobachtet, dann wurden zahlreiche Ähren geerntet und, zu weiteren Studien zur Station befördert. Aus diesen Ähren wurden Linien erzogen die, unmittelbar oder in Kreutzungen, benutzt werden konnten. Die dabei benutzte Technik war die « mass-pedigree-method » von J. B. HARRINGTON.

Zehn Populationen von Hartweizen (Triticum durum) und fünf von Weichweizen (Triticum vulgare) wurden also unterschieden und erforscht. Einige Linien erwiesen sich als ertragreicher als ihre Ausganspopulation. Die Ertragskomponenten der Populationen und Linien wurden gewessen. Die Kornqualität scheint ungenugend und die Züchtung wird in dieser Richtung fortgesetzt.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOGHOSSIAN (R.). — La Haute Djezireh, Thèse présentée à la Faculté de Droit de Paris, le 10 mars 1952, Imprimerie Chiraz, Alep, 1952.

ECOCHARD (R.). — Communication orale.

GESLIN (H.). — Etude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat. Contribution à l'étude du climat du blé. Imprimerie Nationale, Paris, 1944.

HARRINGTON (J. B.). — Manuel du sélectionneur de céréales, O. A. A. avril 1953.

JONARD (P.). — Les blés tendres cultivés en France, Paris 1951.

LATHOUWERS (V.). — Manuel de l'amélioration des Plantes, Gembloux, 1942.

MASAR (I.). — Jordan's Wheat problem and the Jordanian grain office, Amman, 1955.

RIKABI (A.). — Note au Congrès de l'O.A.A. au Caire, du 13 au 18 avril 1953.

TABLE DES REPRODUCTIONS PHOTOGRAPHIQUES D'ÉPIS, DE GLUMES ET DE GRAINS

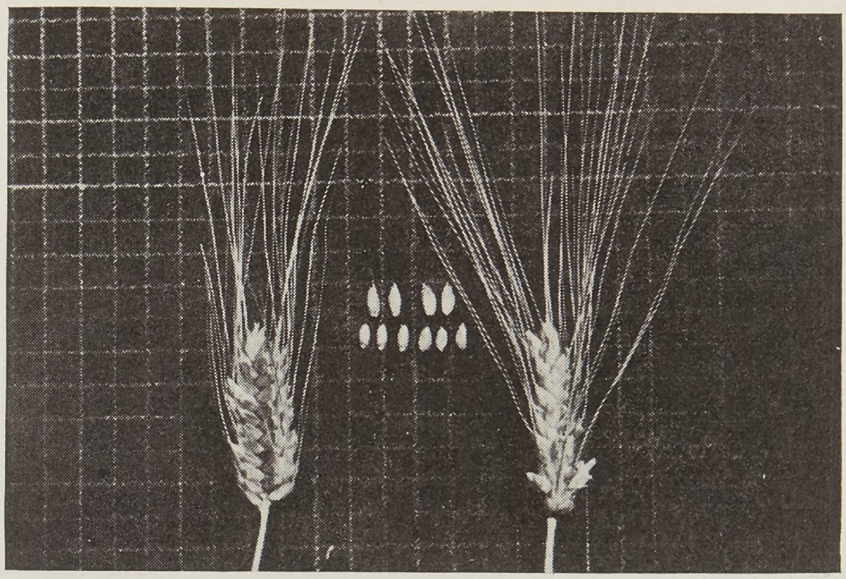
Echelle : carreaux de un centimètre de côté.

N° 1 et 2. — Type Syrien roux : 1. Provenance du Hauran ; 2. Provenance de la région d'Alep.

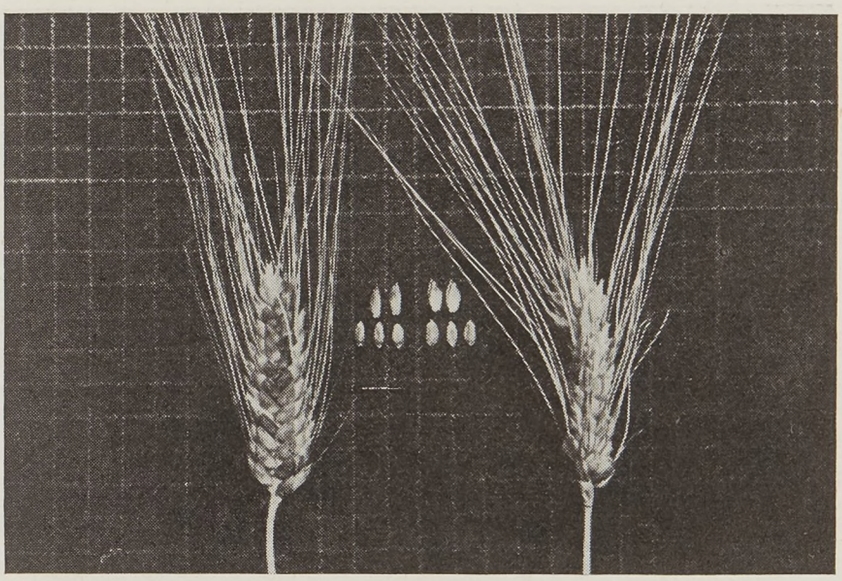
N° 3 à 9 .— Type Syrien blanc : 3 à 6. Haurani (Hauran) ; 7. Bayadi (plaine Nord-Syrienne) ; 8. Saglaoui (Djézireh) ; 9. F8 (Jordanie).

N° 10 à 12. — Type Jordanien : 10 et 11. Hybrides naturels trouvés dans le Hauran ; 12. Sefrah — Jerash.

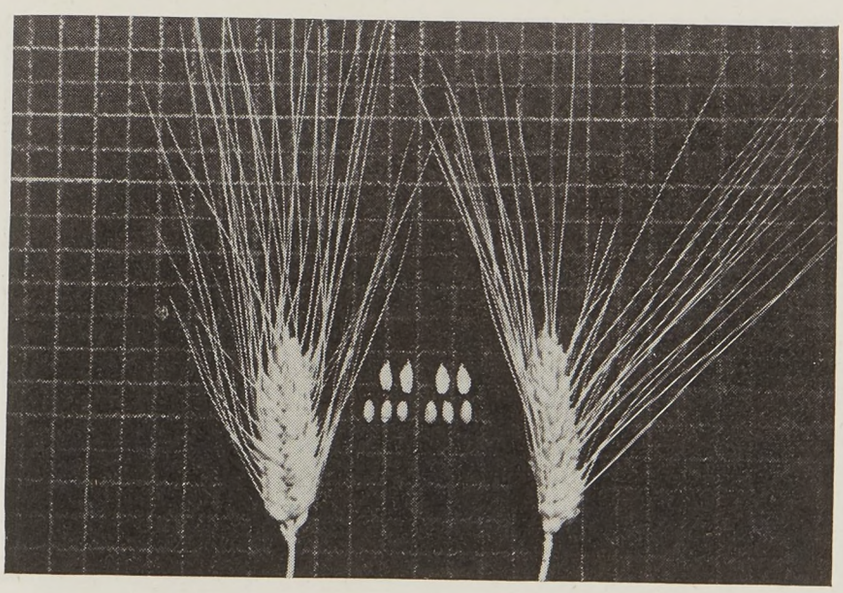
N° 13 : type Yabroudi. — N° 14 : type Moghraby. — N° : 15 type Kaff el Rahman. — N° 16 : type Nursi. — N° 17 : type Saouadi du nord du Djebel Zaouiye. — N° 18 : type Djaljouli. — N° 19 : type Bekay. — N° 20 et N° 21 : type Baladi de la zône côtière — barbes blanches. — N° 22 et N°23 : type Baladi de la zône côtière — barbes noires. — N° 24 : type Naîmiye (provenance Salt). — N° 25 : Senatore Cappelli. — N° 26 : Riéti el Tafila. — N° 27 : Blé de montagne de la zône côtière, épi lâche et roux. — N° 28 : Blé de montagne de la zône côtière, épi lâche et blanc. — N° 29 : Blé de montagne de la zône côtière, épi demi-lâche et roux. N° 30 : Blé de montagne de la zône côtière, épi demi-lâche et blanc. — N° 31 : type Salamouni, épi roux, grain roux. — N° 32 : type Salamouni, épi roux, grain blanc. — N° 33 : type Salamouni, épi blanc, grain roux. — N° 34 : type Salamouni, épi blanc, grain blanc. — N° 35 : type Kandahari, épi roux. — N° 36 : type Kandahari, épi blanc. — N° 37 : type Iraki. — N° 38 : type Douchani. — N° 39 : Florence Aurore, 2511.



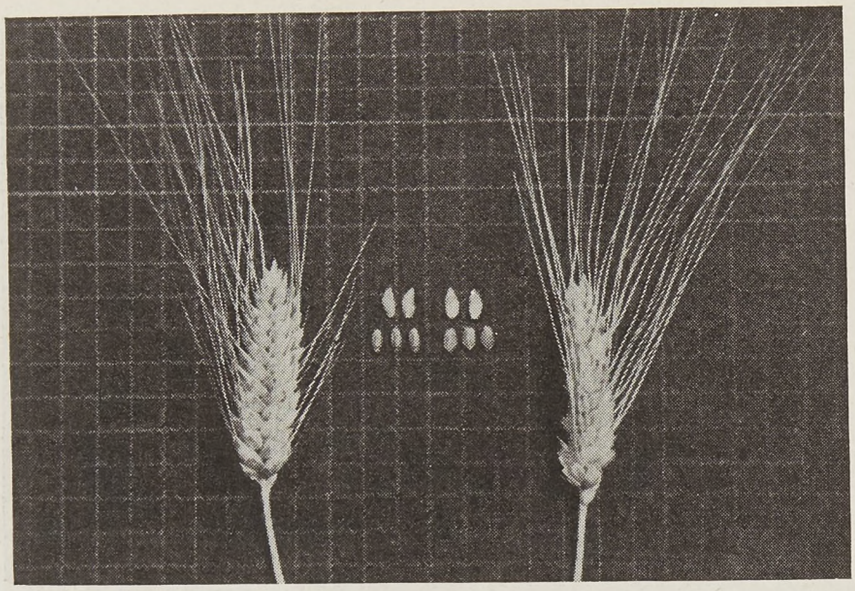
N° 1. — Type syrien roux (Hamari)



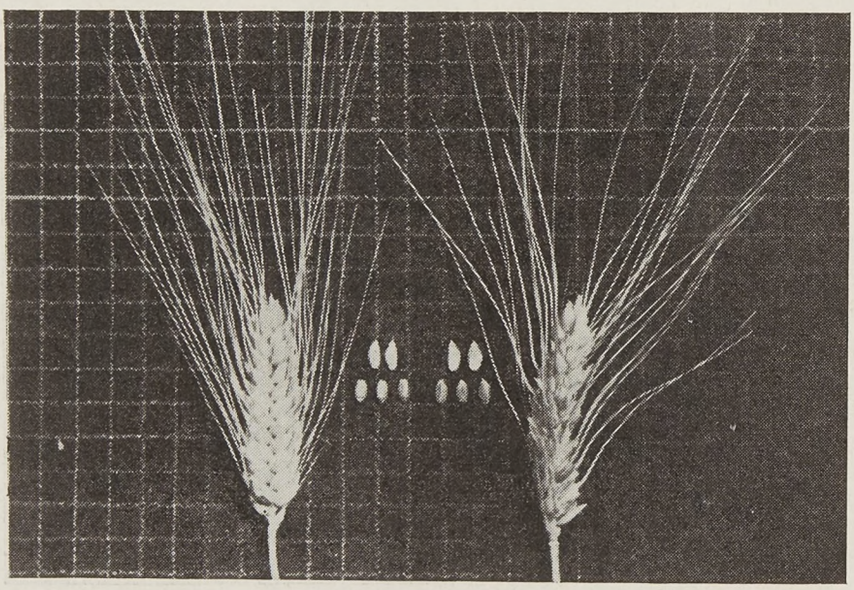
N° 2. — Type syrien roux (Hamari)



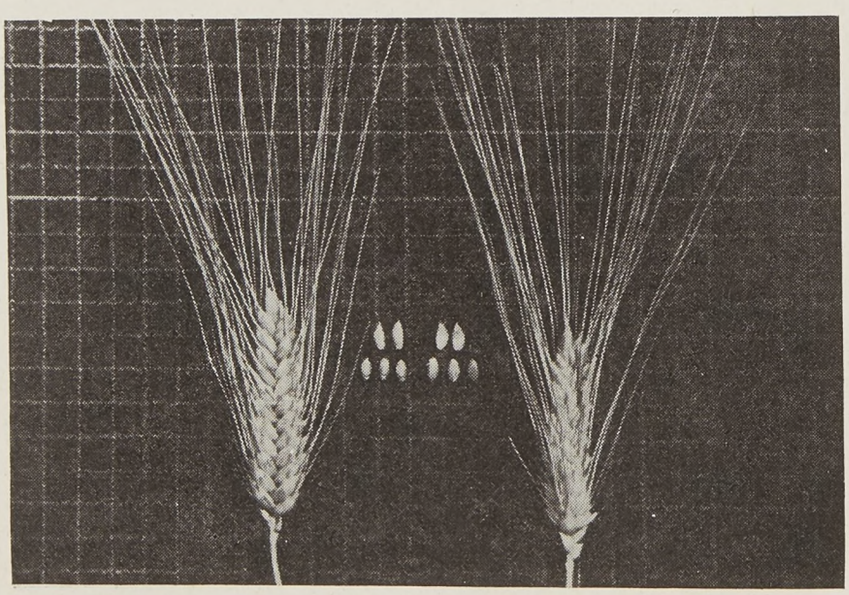
N° 3. — Type syrien blanc (Haurani)



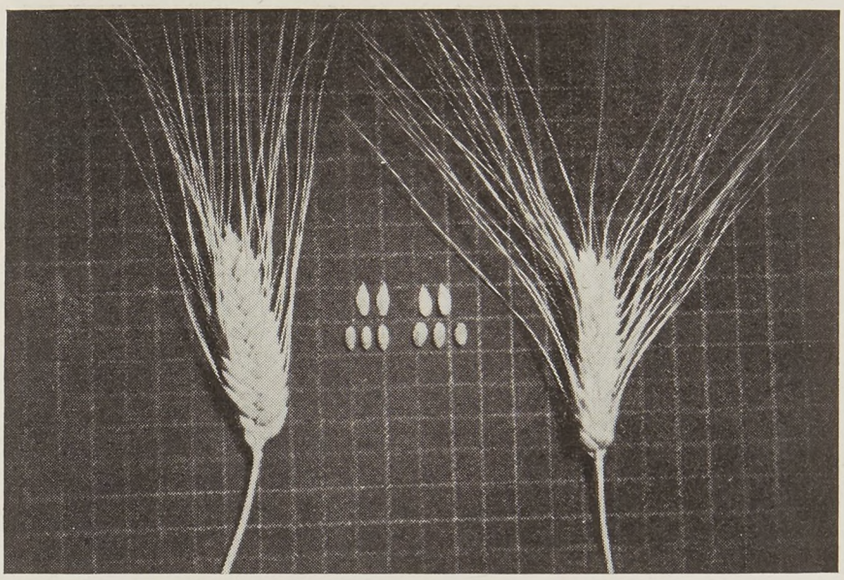
N° 4. — Type syrien blanc (Haurani)



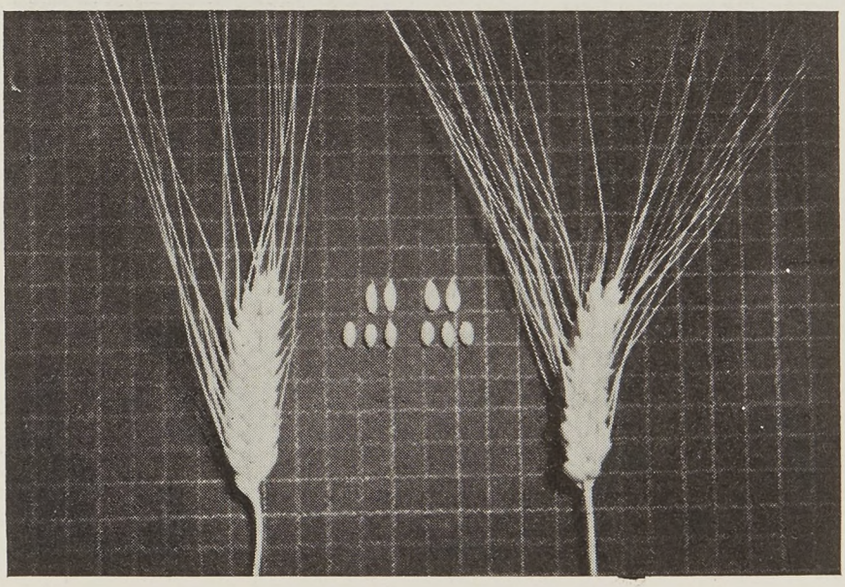
N° 5. — Type syrien blanc (Haurani)



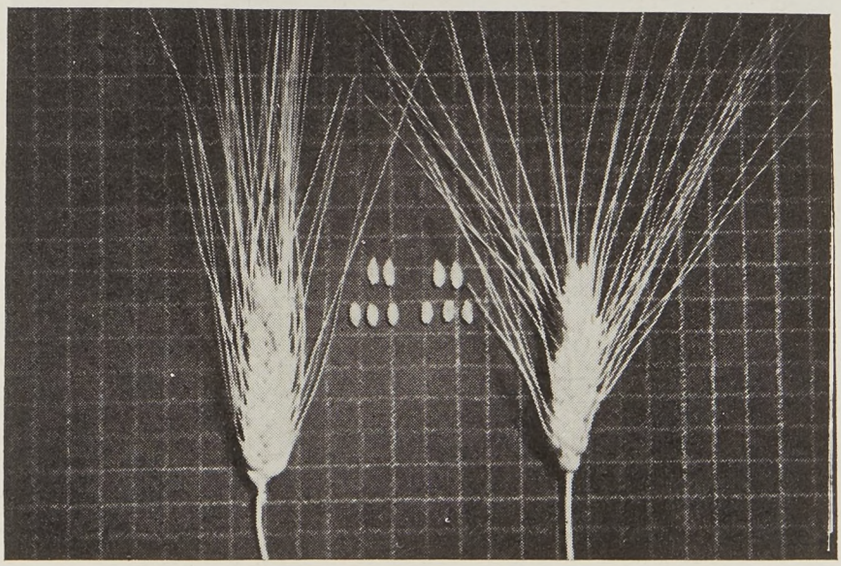
N° 6. — Type syrien blanc (Haurani)



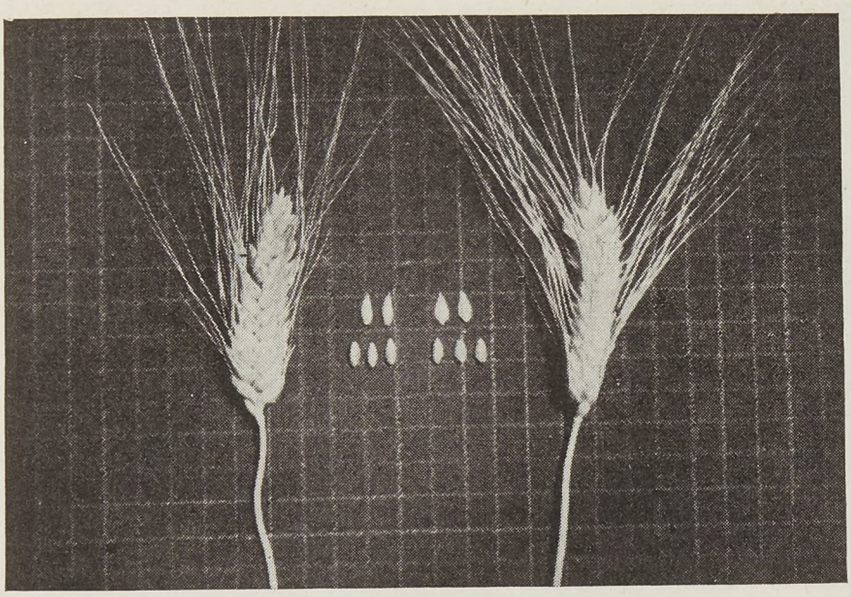
N° 7. — Type syrien blanc (Bayadi)



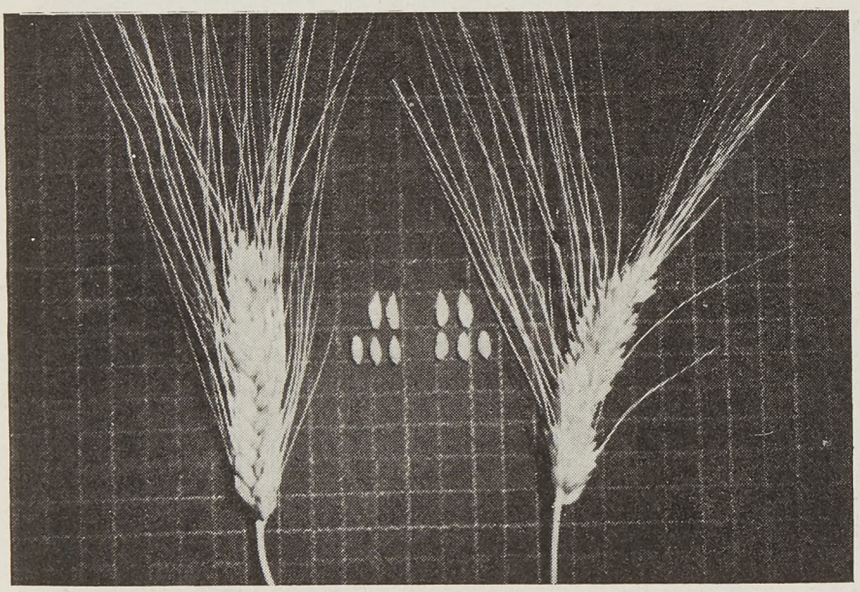
N° 8. — Type syrien blanc (Saglaoui)



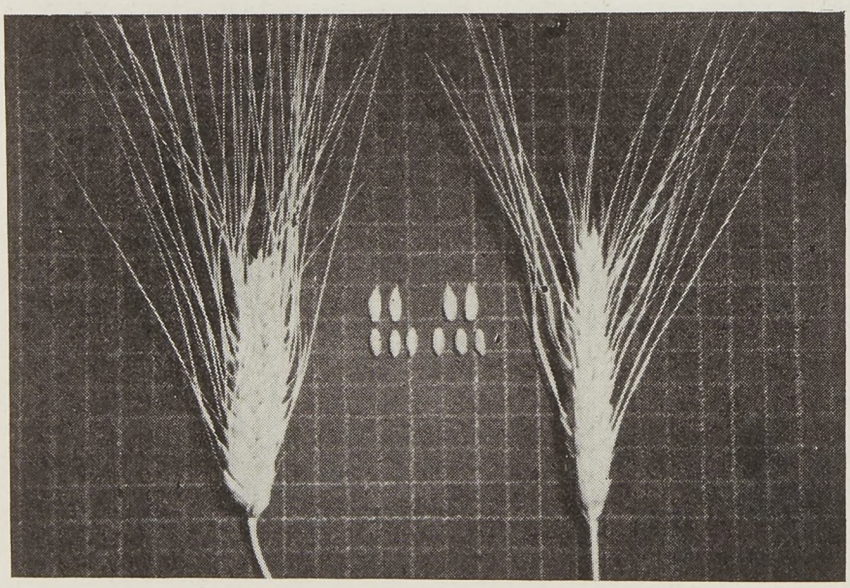
N° 9. — Type syrien blanc (F8)



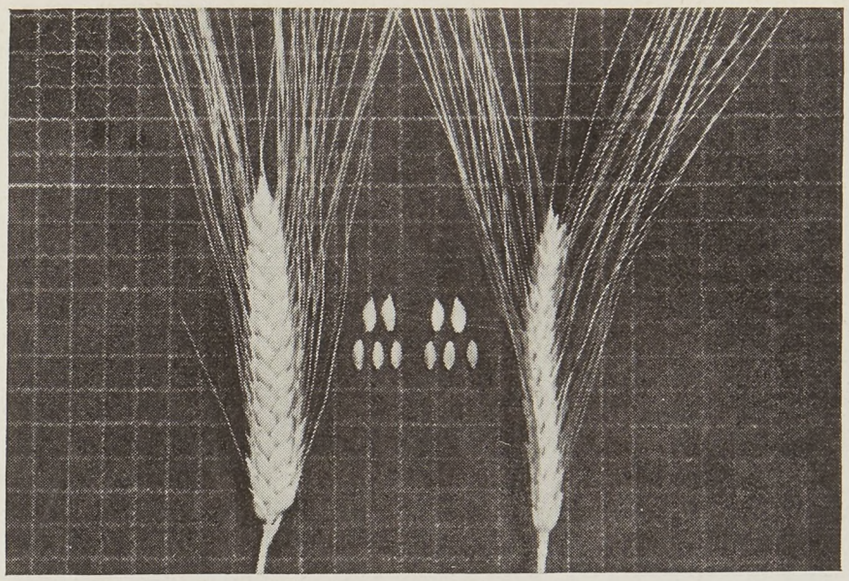
N° 10. — Hybride non glauque (Hauran)



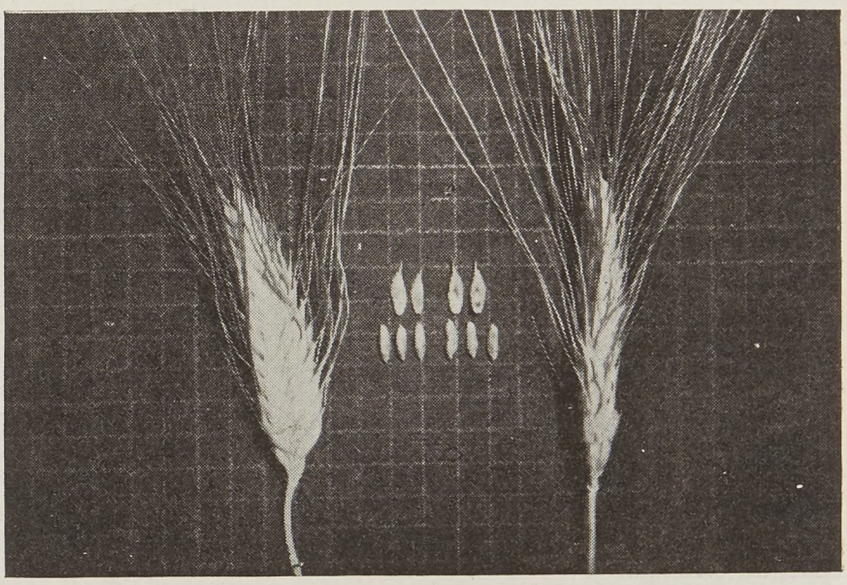
N° 11. — Hybride non glauque (Hauran)



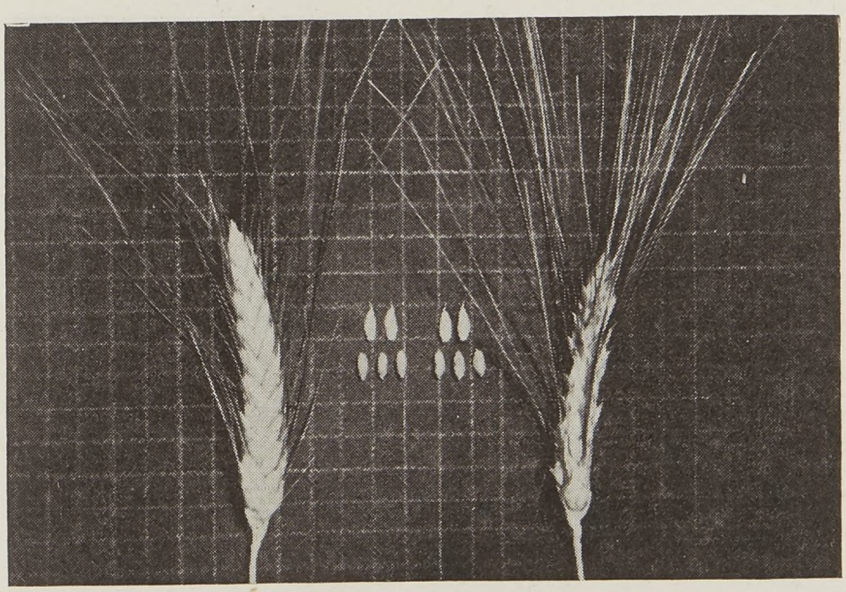
N° 12. — Type Jordanien (Safrah Jerash)



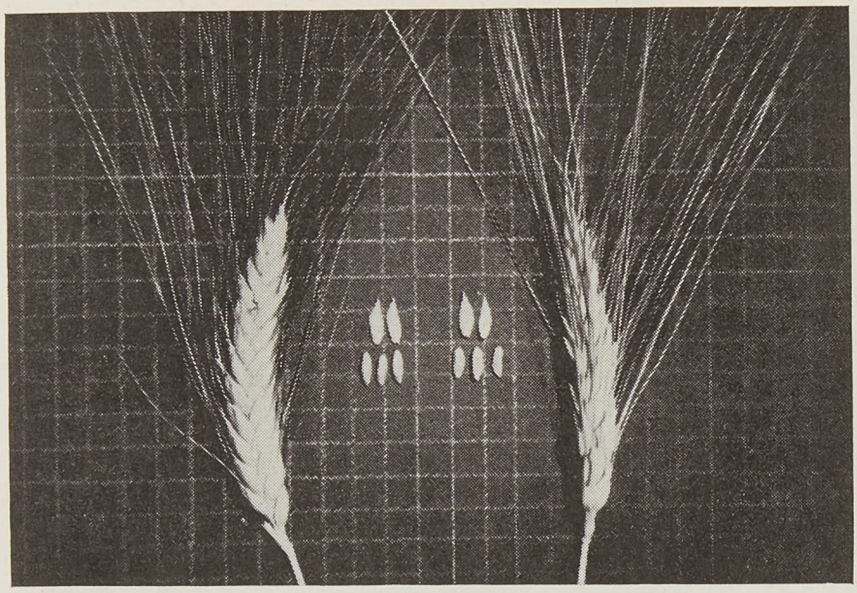
N° 13. — Type Yabroudi



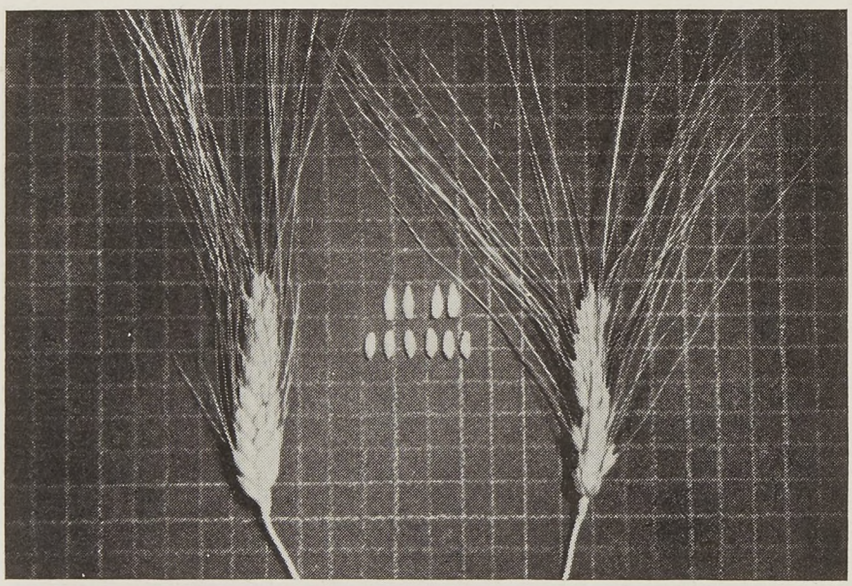
N° 14. — Type Moghrabi



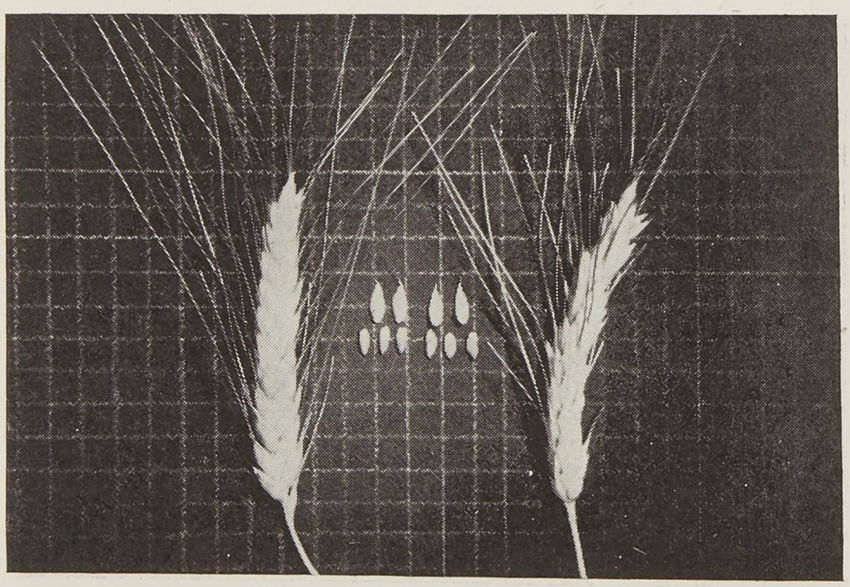
N° 15. — Type Kaff el Rahman



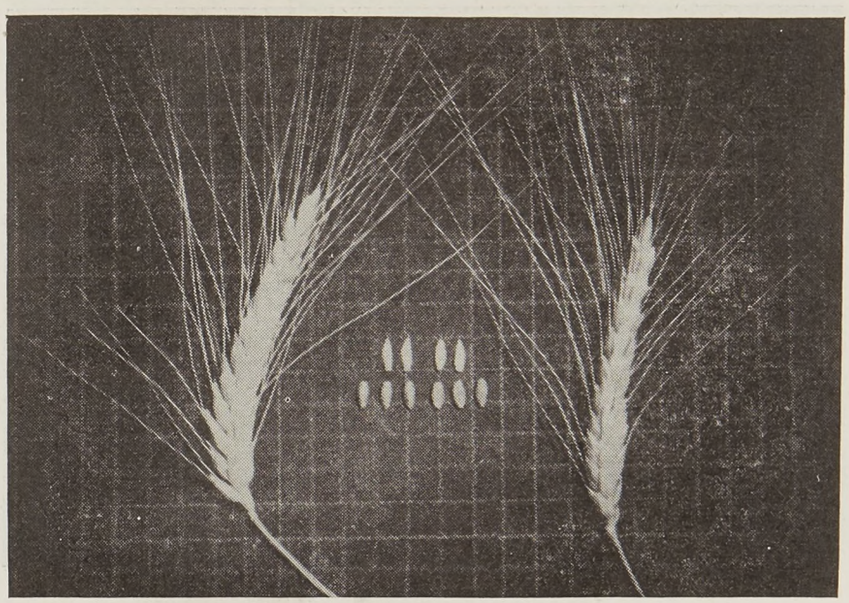
N° 16. — Type Nursi



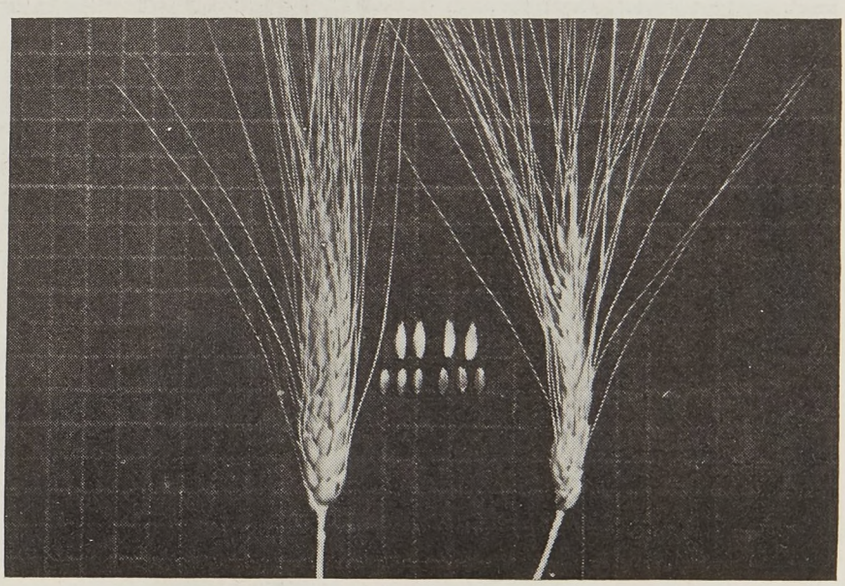
N° 17. — Type Saouadi du nord du Djebel Zaouiye.



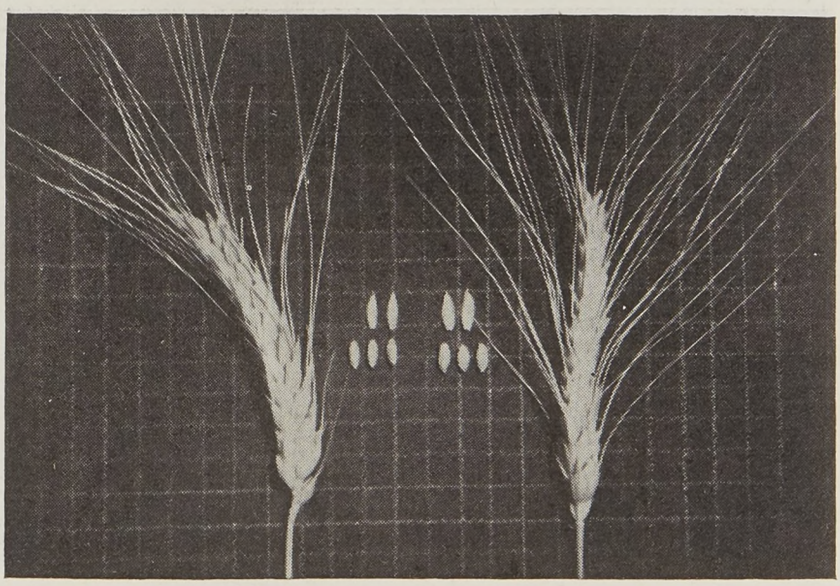
N° 18. — Type Djaljuli



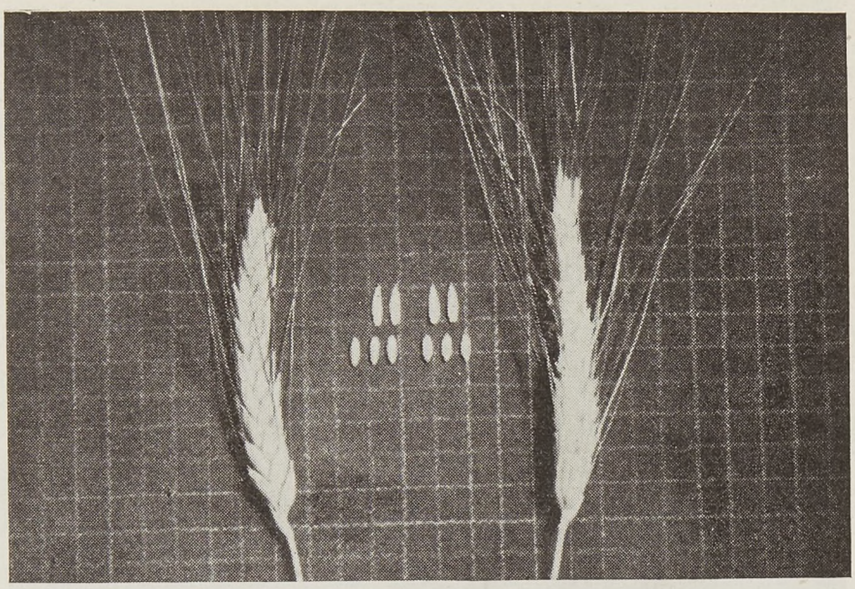
N° 19. — Type Békay



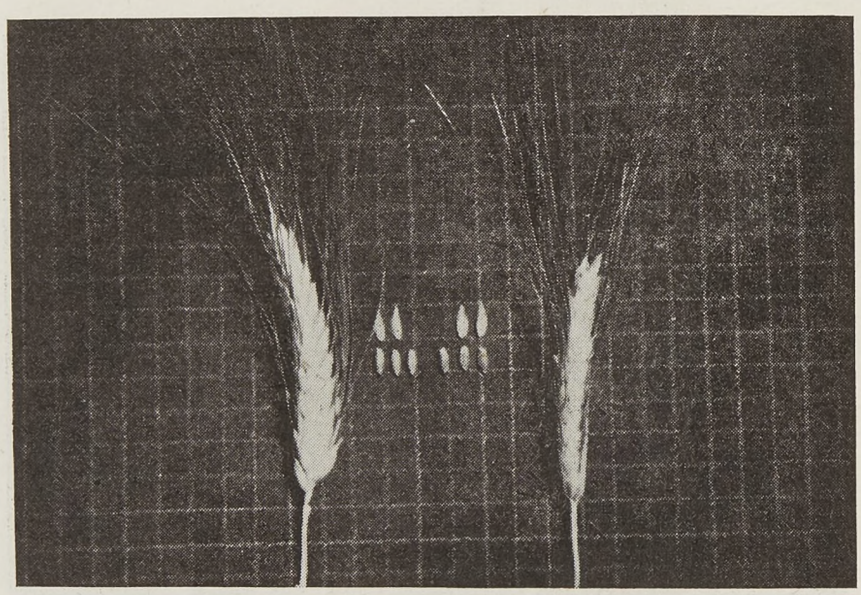
N° 20. — Type Baladi de la zone côtière (barbes blanches)



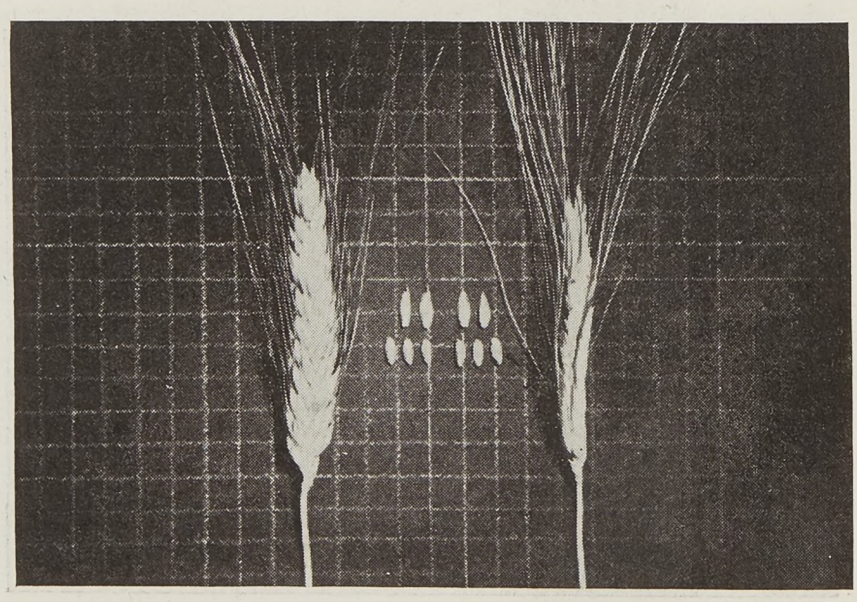
N° 21. — Type Baladi de la zone côtière (barbes blanches)



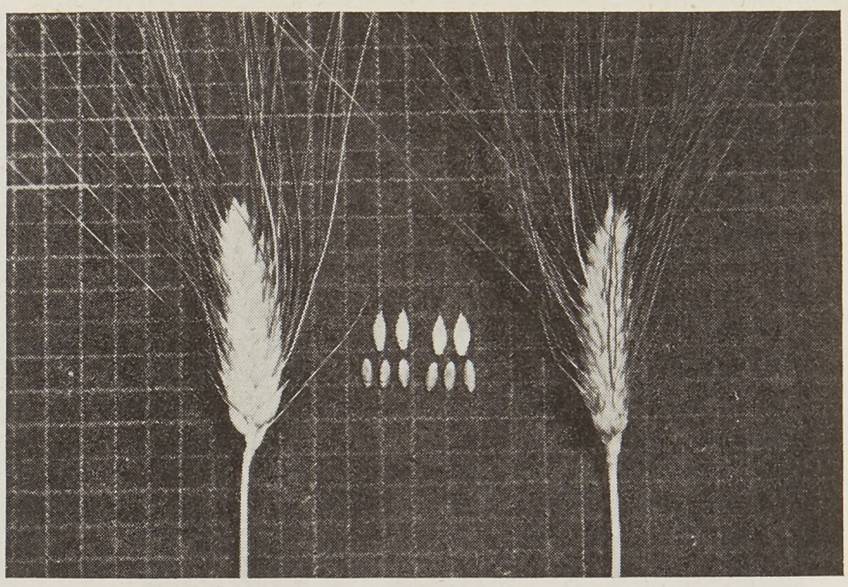
N° 22. — Type Baladi de la zone côtière (barbes noires)



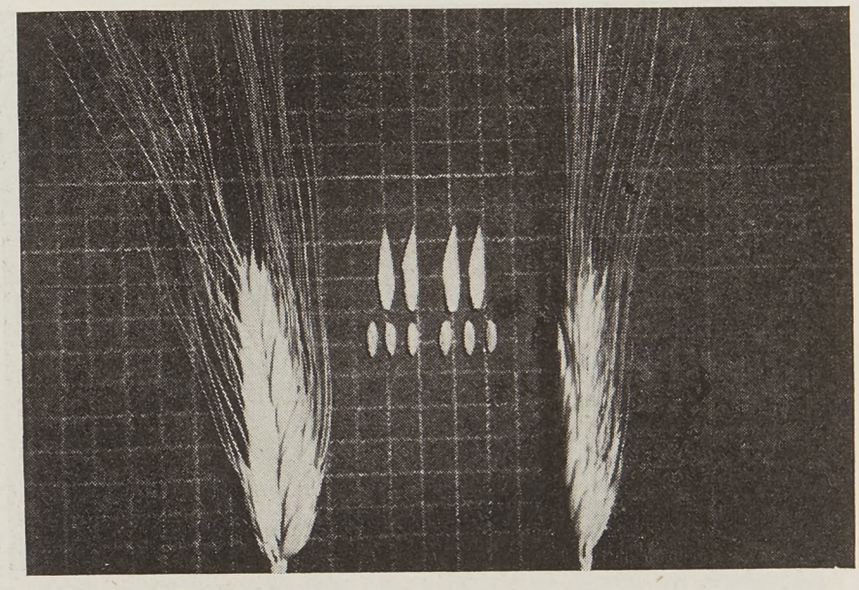
N° 23. — Type Baladi de la zone côtière (barbes noires)



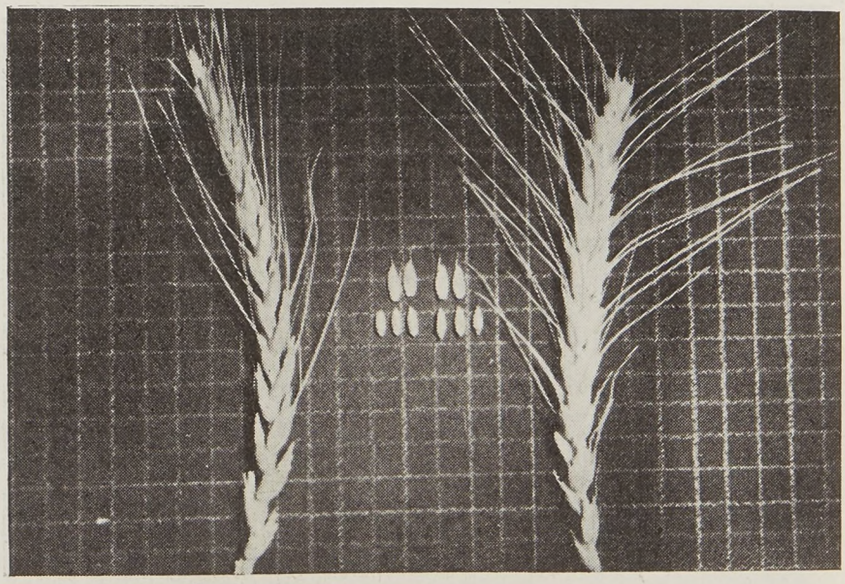
N° 24. — Type Naïmiye (Salt)



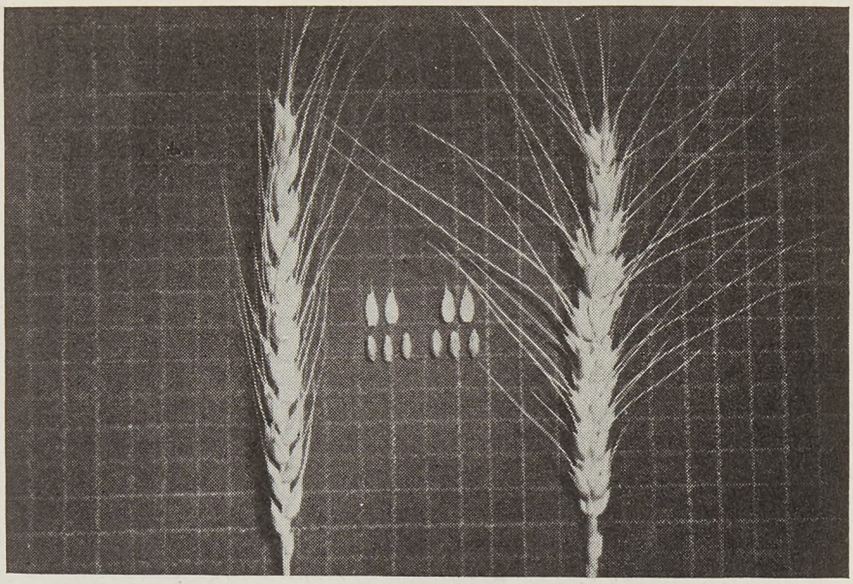
N° 25. — Senatore Cappelli



N° 26. — Rieti el Tafila

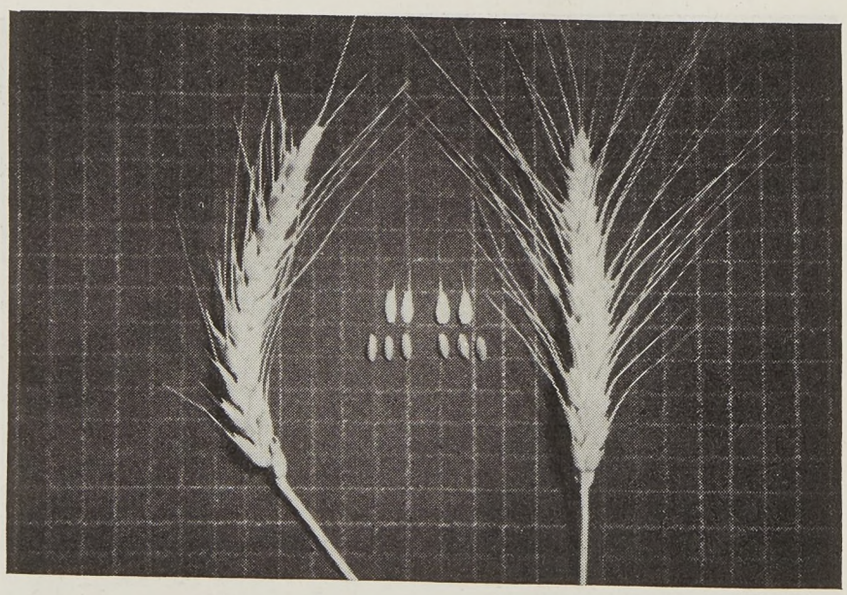


N° 27. — Blé de montagne de la zone côtière (épi lâche et roux)

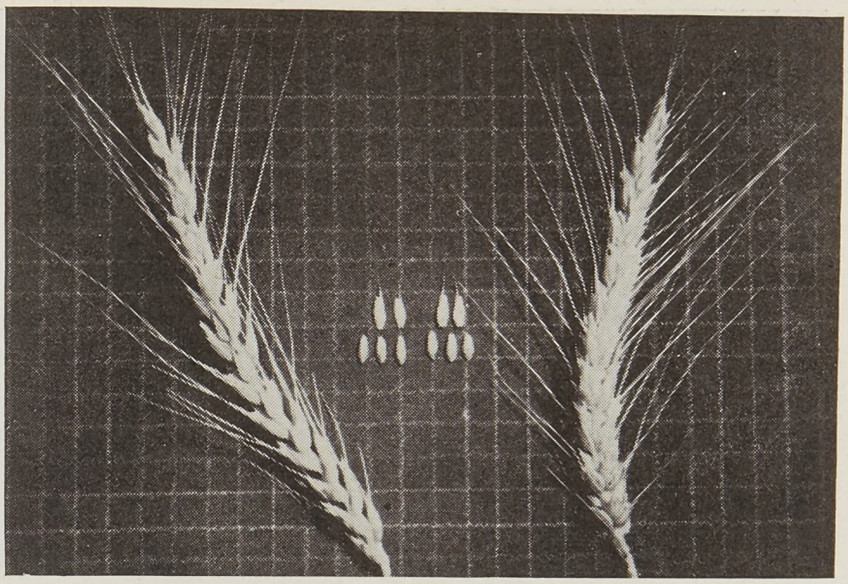


N° 28. — Blé de montagne de la zone côtière (épi lâche et blanc)

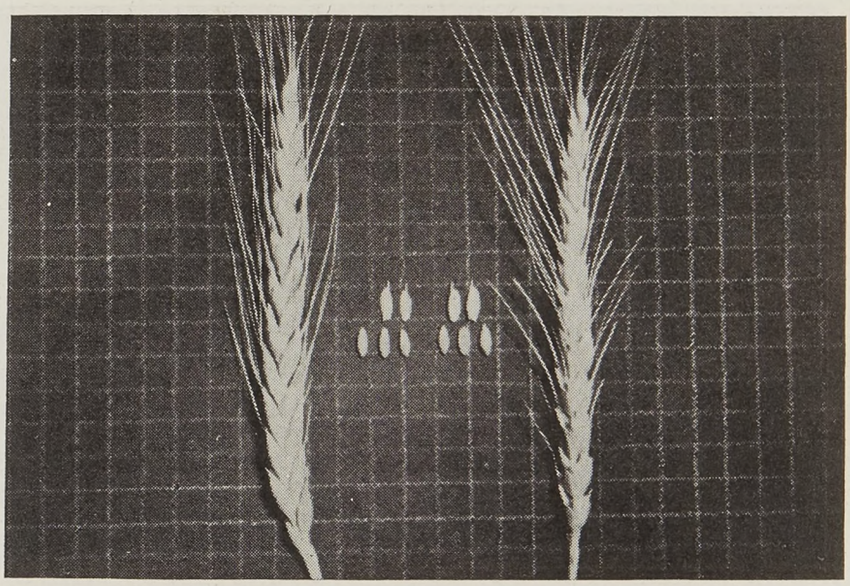
N° 29. — Blé de montagne de la zone côtière (épi demi-lâche et roux)



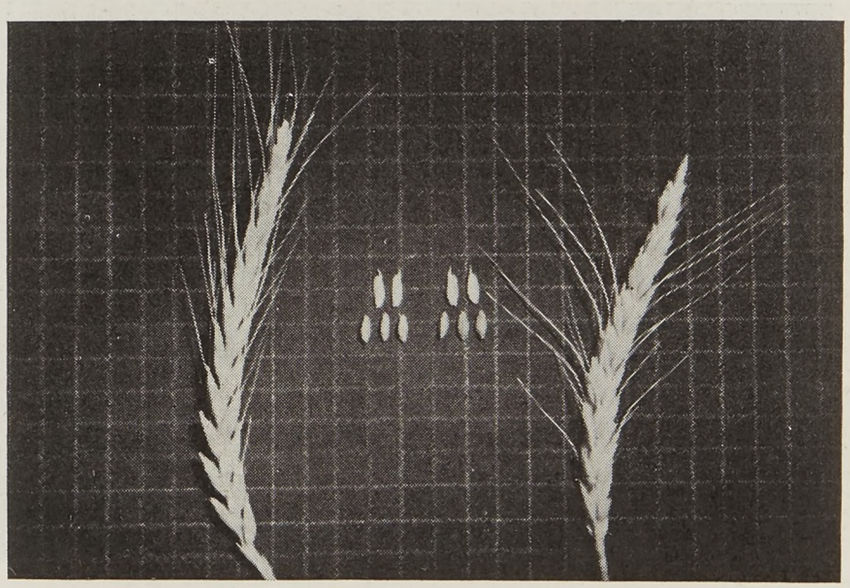
N° 30. — Blé de montagne de la zone côtière (épi demi-lâche et blanc)



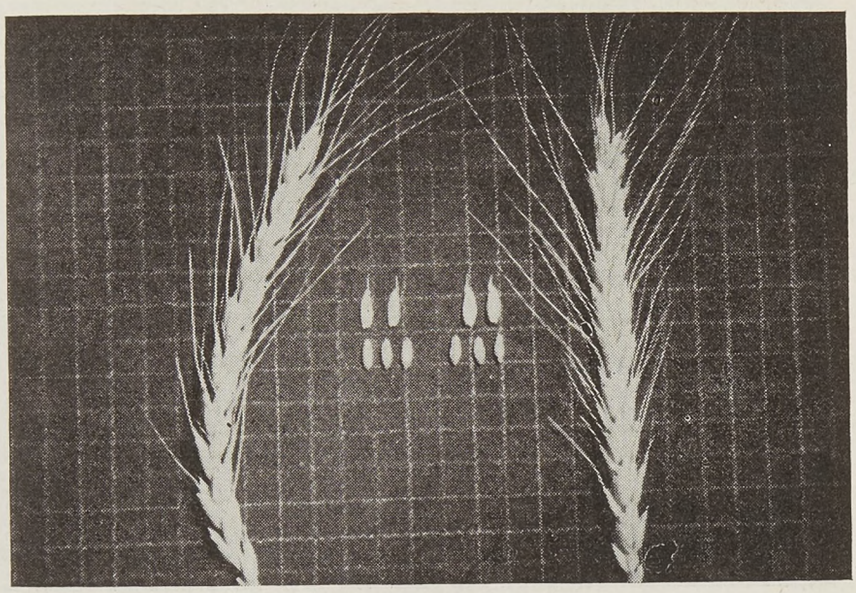
N° 31. — Type Salamouni (épi roux, grain roux)



N° 32. — Type Salamouni (épi roux, grain blanc)



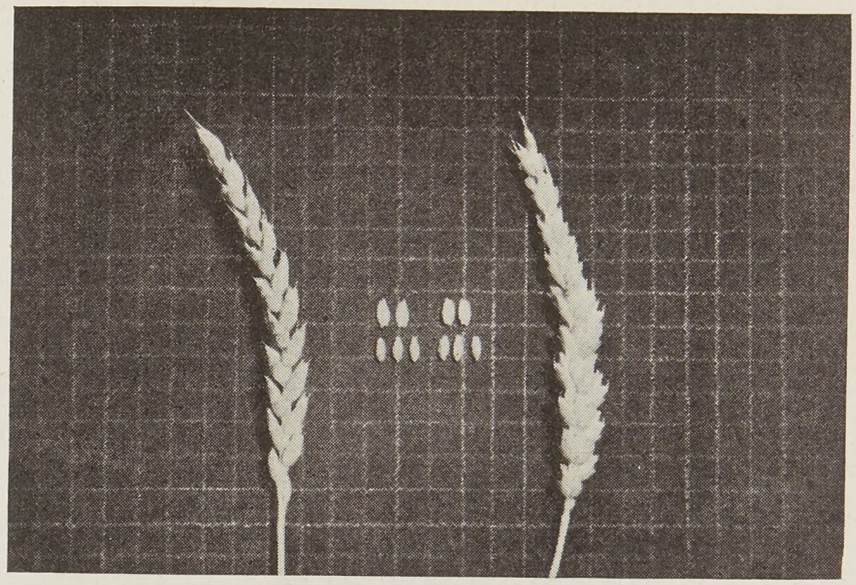
N° 33. — Type Salamouni (épi blanc, grain roux)



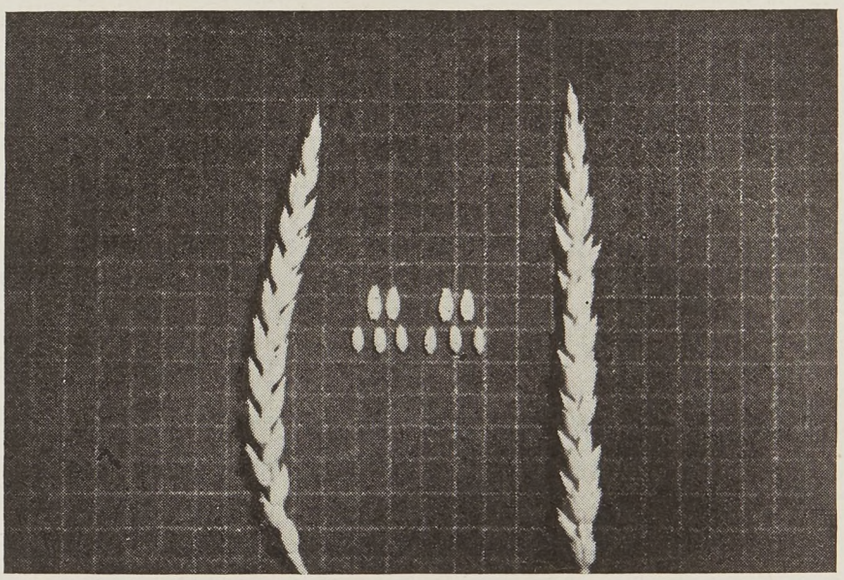
N° 34. — Type Salamouni (épi blanc, grain blanc)

N° 35. — Type Kandahari (épi roux)

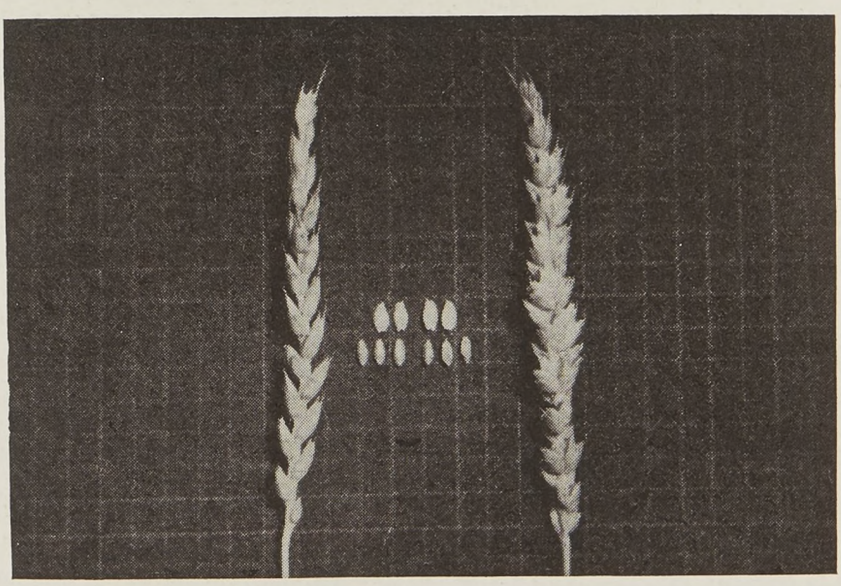
N° 36. — Type Kandahari (épi blanc)



N° 37. — Type Iraki



N° 38. — Type Douchani



N° 39. — Florence Aurore 2.511

ÉTUDES SUR LA SÉLECTION DU COLZA D'HIVER

PAR

Max RIVES

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des plantes,
Versailles [1]

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — Système de reproduction et choix d'une méthode de sélection.
Revue bibliographique.
Vérification expérimentale.
Conséquence pratique.

II. — Rythme de végétation.

III. — Étude des critères de sélection pour la productivité, facteurs du rendement.
Variabilité du colza.
Caractères facteurs du rendement.
Nombre de siliques.
Nombre de graines par silique et caractères associés.
Hauteur, nombre de ramifications.
Poids de mille graines.
Méthodes d'étude.
Matériel étudié.
Collection.
Alsace.
F_1 *Alsace* × *Hambourg.*
Conclusion.

IV. — Références bibliographiques.

INTRODUCTION

La culture du colza, reprise dans les pays européens à la suite de la deuxième guerre mondiale a nécessité un effort rapide de mise au point de méthodes culturales. En effet, non seulement cette culture, progressivement abandonnée à la fin du XIXe siècle, avait presque complètement disparu mais encore il était hors de question de la reprendre sous sa forme

[1] Actuellement à la Section « Viticulture » de la Station de recherches viticoles et d'arboriculture fruitière du Centre de Recherches Agronomiques du Sud-Ouest.

traditionnelle. La mise au point de ces techniques a permis assez rapidement d'obtenir des rendements qui, compte tenu du soutien des prix alors en vigueur, étaient suffisants pour rendre la production du colza rentable. D'où l'essor de la culture, essor que n'a pas arrêté la fin de la guerre, qui n'apportait pas comme on l'avait espéré la disparition de la pénurie de matières grasses. Toutefois, les surfaces que l'agriculteur est disposé à consacrer à cette culture restent sous la dépendance d'une quantité de facteurs : garantie plus ou moins assurée des prix, possibilités pratiques de lutte contre les insectes qui ont successivement pullulé depuis 10 ans (Méligèthe, Altise, Ceutorrhynques, Cécidomyie), notamment. Il est incontestable que la culture du colza ne pourra subsister que si les rendements peuvent être accrus par rapport à leur niveau actuel et si leur régularité est assurée.

Les moyens d'action à cet égard sont de deux ordres. D'une part, il est certainement possible et absolument nécessaire d'améliorer encore les techniques culturales. En effet, si la méthode générale a pu être mise au point rapidement de manière grossière, elle est souvent oubliée peu à peu et elle demande à être précisée dans bien des domaines. A ce dernier point de vue, il semble que l'expérimentation en cours sur la fumure azotée soit extrêmement souhaitable afin de préciser dans les conditions de la France les données obtenues notamment par les Suédois. D'autre part, à la faveur de réussites exceptionnelles et souvent à cause des difficultés considérables que cela représente, les cultivateurs ont une tendance générale à oublier l'importance primordiale de la date de semis. On ne répétera jamais assez qu'il faut semer avant le 31 août dans le bassin parisien.

Cet effort technique doit cependant se doubler d'un effort d'amélioration génétique. Entrepris dès 1938 à la Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles, celui-ci a débuté lentement à cause des difficultés dues à la guerre. Dès 1947 cependant un gros effort a pu être entrepris. Il a conduit à la sélection de lignées extrêmement intéressantes qui sont déjà en multiplication.

Il s'agit d'abord d'améliorer la productivité. Si on se souvient que le colza a été peu travaillé par les sélectionneurs — en fait la meilleure population pour les conditions françaises, le colza de *Lembke*, a été mise au commerce en 1921 — et si on considère les progrès obtenus avec le blé par un travail intensif, on est en droit d'espérer une amélioration sensible de la productivité chez le colza. D'autre part, si cette culture doit s'installer de manière stable dans notre pays, il est probable que tôt ou tard les utilisateurs exigeront de proportionner le prix de la graine à sa teneur en huile. Il est donc important d'envisager dès maintenant la sélection pour la productivité sous ses deux aspects : rendement en graines, teneur en huile, et d'améliorer à la fois les deux caractéristiques.

Les autres objectifs d'amélioration visent tous à assurer la sécurité

de la productivité ainsi améliorée. La résistance au froid semble difficile à augmenter en l'absence de géniteurs ; au moins faut-il s'attacher à conserver celle qu'ont déjà les populations du type *Lembke* dans les nouvelles obtentions. La résistance aux maladies paraît difficile à travailler : le Phoma est surtout un parasite de blessure consécutif à l'attaque des altises, l'Alternaria est très sporadique dans le temps et si, dans les années où il se manifeste, on peut noter des différences de sensibilité entre les différents types, son absence et la difficulté des infections artificielles ne permettent aucune observation systématique le reste du temps.

La résistance à l'égrenage, souvent revendiquée pour certaines variétés et qui est d'ailleurs, paraît-il, liée à une certaine difficulté de battage, peut et doit être recherchée. Cependant, ce phénomène dépend surtout des facteurs climatiques et c'est surtout, pensons-nous, une question de technique de récolte. Peut-être la verse, dans la mesure où on peut la contrôler au moyen de fortes fumures azotées, est-elle la meilleure assurance contre l'égrenage quand on tient à battre sur pied à la moissonneuse-batteuse. En effet, elle n'entrave en rien la récolte et ne nuit pas au rendement contrairement à ce qui se passe pour les céréales et l'enchevêtrement des plantes qui en résulte constitue une protection efficace contre le vent.

Les différentes « études » qui constituent ce mémoire sont pour partie le résultat des observations que nous avons pu faire de 1951 à 1955 à la Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles. Elles ont largement bénéficié du travail effectué dans ce domaine par nos prédécesseurs et en particulier de l'orientation initiale qui lui a été donnée par M. Bustarret à qui est en grande partie due l'existence de la collection de types de colza de la Station et des travaux réalisés ensuite sous la direction de M. Jonard. Nous avons tenu compte également des informations apportées par les auteurs étrangers, surtout allemands et suédois, sur les problèmes du colza. Aucune de ces études ne prétend répondre de manière définitive aux questions qu'elles envisagent. Dans la mesure où elles apportent des conclusions sortant relativement de la ligne tracée par nos collègues étrangers et où elles suggèrent des hypothèses, nous espérons cependant qu'elles contribueront à de nouveaux progrès dans l'amélioration génétique du colza.

I. — LE SYSTÈME DE REPRODUCTION ET LE CHOIX D'UNE MÉTHODE DE SÉLECTION

Dans un article précédent (Rives 1954) nous avons employé le terme de « système de reproduction » pour traduire le terme anglo-saxon « system of breeding ». Pour une population donnée, il définit les modalités du passage d'une génération à l'autre.

Dans le groupe botanique du colza où les fleurs sont hermaphrodites le système de reproduction peut en principe aller de l'autogamie stricte à l'allogamie obligatoire par suite de phénomènes d'autoincompatibilité.

L'importance du système de reproduction pour la conduite de la sélection est bien connue. C'est pourquoi nous avons repris l'étude afin de déterminer la méthode à adopter pour l'amélioration du colza.

Revue bibliographique.

Les premiers travaux d'amélioration du colza datent à notre connaissance du début du vingtième siècle. Presque dès le début la question du système de reproduction a été posée. Depuis elle a été périodiquement reprise et toujours de manière assez surprenante. En effet, comme nous allons le voir, de nombreux auteurs ont trouvé par diverses méthodes que le colza se reproduisait dans la nature pour environ un tiers par fécondation croisée et pour deux tiers par autofécondation. Or on retrouve jusqu'à très récemment des allusions au danger de l'effet d'inbreeding chez le colza.

Parmi les premiers, Rümker et Leidner (1913) disent : «... j'ai acquis de plus en plus la conviction que, chez le colza, l'autofécondation doit prédominer ; sinon, il serait impossible d'expliquer que les différences morphologiques... puissent être héritées d'année en année individuellement et de manière relativement régulière, malgré la culture côte à côte des divers types ». Ils notent déjà les divergences entre auteurs à ce sujet.

Il est évident qu'une observation superficielle des colzas en fleurs, qui sont toujours visités par de grandes quantités d'abeilles, semble indiquer que celles-ci ont un rôle primordial dans la pollinisation.

D'autre part, Olsson (1955) vient de confirmer expérimentalement l'opinion émise sans preuve expérimentales par Nicolaisen (1943) que le vent peut jouer un rôle efficace dans la pollinisation des Crucifères.

La prise en considération de l'origine du colza fournit des bases plus solides pour penser que cette espèce devrait théoriquement être autoincompatible, du moins partiellement. En effet, elle appartient à un groupe assez homogène : le genre *Brassica*, qui est formé de trois espèces de base : *Brassica nigra* (n = 8), *Brassica oleracea* (n = 9) et *Brassica campestris* (n = 10). Ce sont respectivement : la moutarde noire, les choux sauvages et cultivés et une espèce collective qui groupe un grand nombre de formes européennes et extrême-orientales, les formes européennes étant les navettes et le navet, les formes extrême-orientales (*Brassica chinensis, Brassica pekinensis*, etc.) cf. Olsson (1954), des légumes ou des oléagineux utilisés en Inde, en Chine et au Japon.

En plus de ces trois espèces, les trois amphidiploïdes résultant de leur hybridation deux à deux existent, et leur origine a pu être confirmée expé-

rimentalement par de nombreux auteurs (par exemple FRANDSEN (1943), OLSSON, JOSEFSSON, HAGBERG et ELLERSTROM (1955)), ce sont : *Brassica carinata* (n = 18) (= campestris × nigra), *Brassica juncea* (n = 17) (= *oleracea* × *nigra*) et *Brassica Napus* (n = 19) (= *campestris* × *oleracea*). Cette dernière espèce groupe une forme à racine comestible : le rutabaga, et les deux formes oléifères : colza d'hiver et de printemps.

Les trois espèces de base sont auto-incompatibles. Leur incompatibilité n'existe qu'après l'ouverture de la fleur, ce qui permet d'en réaliser l'autofécondation en pollinisant le style dans le bouton, (PEARSON, 1932) un à trois jours avant son ouverture ; elle n'est pas toujours complète mais les fleurs protégées artificiellement des fécondations croisées ne donnent en général que très peu de graines; d'après BATEMAN (1955) qui l'a étudié chez plusieurs Crucifères et qui a repris en particulier l'analyse des résultats bien connus de KAKIZAKI (1935) sur le chou, cette incompatibilité est contrôlée à la fois dans le grain de pollen et dans le style, par la constitution génétique du sporophyte et il y aurait des interactions entre les allèles d'incompatibilité se traduisant, suivant les cas, par une dominance d'un allèle sur l'autre, un affaiblissement d'un allèle par l'autre ou une indépendance des allèles. Ce contrôle sporophytique pour le grain de pollen est important. En effet, l'hypothèse de DARLINGTON et MATHER (1949 p. 310) suivant laquelle l'état amphidiploïde en soi peut être la cause de la disparition de l'incompatibilité chez un amphidiploïde dont les espèces parentes sont auto-incompatibles, s'appuie sur les affaiblissements de l'incompatibilité observés dans certains cas chez les tétraploïdes et qui semblent dus à la compétition entre allèles dans le grain de pollen diploïde, chez des espèces dont le système d'incompatibilité est du type *Nicotiana*, c'est-à-dire avec une série allélique nombreuse et un contrôle gamétophytique de l'incompatibilité dans le grain de pollen.

Le colza est un amphidiploïde issu de parents possédant un système d'incompatibilité et il semble être autofertile. C'est ce qui ressort de tous les travaux publiés sur cette espèce en Europe. On le vérifie chaque année dans de nombreuses stations d'amélioration des plantes et en particulier au cours de nos travaux où les quelques dix mille autofécondations faites annuellement réussissent parfaitement. Cependant, il semble bien qu'il existe en Chine une forme de *Brassica Napus* auto-incompatible (VON GEE SUN, 1937 et 1938). Et les formes obtenues artificiellement à partir de la navette et du chou sont auto-incompatibles (OLSSON 1953) dans la proportion de 97 p. 100.

Le système d'incompatibilité des Crucifères ne donne pas lieu à une restauration de la fertilité par la polyploïdie. C'est ce qui a été observé par HOWARD (1942) sur *Brassica campestris* en particulier.

Il est donc probable que l'autofertilité du colza n'est pas due à sa nature amphidiploïde, mais, comme le fait remarquer OLSSON (1953), au

fait que les difficultés de sa formation par hybridation entre les espèces parentes laissent supposer que les premières plantes apparues se sont trouvées isolées et seules de leur espèce et n'ont pu se reproduire que dans la mesure où elles se trouvaient être autofertiles.

L'autofertilité, nous l'avons dit, est bien établie chez le colza. Les premières autofécondations rapportées sont celles de RÜMKER et LEIDNER(1913). Depuis, de nombreuses études de ce genre ont été faites, en particulier par des auteurs allemands. La comparaison entre la production de graines de fleurs isolées de quelque manière que ce soit (sachets en papier, en cellophane, en étoffe, tubes de verre) et celle de fleurs laissées à elles-mêmes a peu de sens à notre avis. En effet, en plus de la barrière qui est ainsi opposée au pollen étranger, l'isolement crée autour des fleurs un milieu extrêmement défavorable à la pollinisation, puis à la croissance normale et à la maturité des siliques et des graines à l'intérieur du sachet où la température est très élevée et l'humidité constante ; il s'y ajoute les actions mécaniques du sachet qui limite l'espace disponible et qui crée une zone de constriction à son point d'attache sur le rameau. Il est donc normal que le nombre de siliques obtenues par fleur soit moindre quand on les isole. Ce n'est cependant pas là de l'incompatibilité.

Le raisonnement inverse qui s'appuie sur l'autofertilité pour conclure à l'autogamie, au moins prépondérante, a été avancé en particulier par WAGNER (1954 a). Ayant constaté que le rendement en graines est sensiblement le même en autofécondation contrôlée et en fécondation libre, il pense pouvoir conclure que le colza est autogame. Il y a là, à notre sens, une confusion qui montre bien l'intérêt de distinguer biologie florale et système de reproduction. La même expérience et la même confusion permettraient en effet de conclure que le maïs, qui est parfaitement autofertile est autogame. La condition d'autofertilité qui relève de la biologie florale est nécessaire mais non suffisante pour assurer l'autogamie qui est un système de reproduction.

Un argument de biologie florale est le phénomène décrit par RÜMKER et LEIDNER (1913) : les quatre grandes étamines ont la face déhiscente de leurs anthères tournée vers le style au moment de l'ouverture de la fleur. Le style est ainsi automatiquement recouvert de pollen et l'autofécondation assurée. Les modalités décrites par SYLVÉN (1920) sont un peu différentes : la déhiscence a lieu vers l'extérieur mais les anthères forment au-dessous du style une sorte de toit poudré de pollen sur toutes ses faces et que le style traverse bientôt en s'allongeant. Il se couvre alors de pollen. Il y aurait même une torsion des filets qui amènerait la face de déhiscence des anthères vers l'intérieur.

Ces observations montrent l'existence d'un mécanisme floral d'autopollinisation superposé à une biologie florale d'entomophile.

Vérification expérimentale.

Les arguments tirés de la biologie florale ne sont cependant pas décisifs. Nous pensons que seule l'observation effective de la proportion de fécondations croisées peut donner une idée exacte du système de reproduction en vigueur dans la population considérée, quand il n'y a pas de phénomènes d'incompatibilité.

Deux méthodes peuvent être employées : la plus simple, en théorie, est de disposer des plantes portant un caractère récessif au milieu de plantes homozygotes pour le caractère dominant correspondant. Dans la descendance de ces plantes, le pourcentage de plantes présentant le phénotype dominant, donc provenant de fécondations croisées, donne une estimation du système de reproduction.

Cette méthode a des inconvénients : elle nécessite le comptage d'un très grand nombre de plantes ; on peut lui reprocher de ne donner d'indications que sur le système de reproduction des plantes portant le caractère récessif utilisées ; enfin le caractère lui-même ne doit pas influer sur la mesure du pourcentage de fécondation croisée : nous verrons que c'est difficile à éviter.

Une autre méthode consiste à suivre l'évolution d'une génération à l'autre d'une population présentant les deux allèles d'un gène en proportions connues, c'est celle qu'a employé PICARD (1953). Elle a l'avantage de donner une estimation du système de reproduction de la population dans son ensemble, mais n'est praticable qu'avec des gènes agissant sur un caractère de la graine.

La méthode des descendances de plantes récessives a été employée par SYLVÉN (1920) et par OLSSON (1952). Nous l'avons répétée en utilisant le même caractère que ces deux auteurs.

Dans les populations de colza qui constituent la variété *Lembke* et ses dérivés (*Matador*, *Alsace*, par exemple), on trouve une faible proportion de plantes à fleurs jaune-orange foncé et non jaune d'or comme la grande majorité de la population. En nous basant sur les nombres de plantes de ce type rencontrées en cours de marquage dans un champ de grande culture, nous estimons que leur fréquence est de l'ordre de 1 p. 1000. Le caractère est récessif et sous la dépendance d'une seule paire d'allèles. On marque à la floraison un certain nombre de ces plantes dont on récolte la graine individuellement. Les descendances sont alors semées et on y compte l'année suivante les pourcentages de fécondations croisées.

Le caractère envisagé a malheureusement des inconvénients: le plus inattendu est celui qui a apparemment empêché WAGNER (1954 a) d'utiliser cette méthode : certains observateurs sont incapables de distinguer les deux phénotypes. D'autre part, on peut se demander à la suite des observations de BATEMAN (1951) si l'activité des insectes pollinisateurs n'est pas

influencée par les différences de couleur des fleurs ; leur discrimination n'est cependant pas absolue et la part du vent semble aussi être importante d'après Olsson (1955). L'inconvénient le plus grave est à notre avis le fait que les plantes à fleurs jaune-orangé foncé sont en général plus petites, plus chétives et ont une floraison plus précoce et plus courte que les autres. Même si cela ne joue pas au moment où s'exerce le système de reproduction, c'est-à-dire sur le comportement des plantes marquées, cela cause des difficultés au moment du comptage dans les descendances. En effet, à moins d'un peuplement très clair qui nécessiterait une surface énorme, les plantes à couleur jaune-orangé foncé sont désavantagées par rapport aux autres. Elles ne portent le plus souvent que quelques fleurs et leur période de floraison est très courte.

On observe donc une proportion trop faible de ces plantes et la différence s'accroît avec le temps car elles sont en général plus précoces. C'est ce qui ressort des chiffres que nous avons obtenus.

Tableau I

Date du comptage	Nombre de descendances comptées	Nombre de plantes		Pourcentage d'hétérozygotes
		Hétérozygotes	Total	
8-5-55	28	638	2 080	30,6
12-5	27	714	1 834	38,9
16-5	28	809	1 829	44,2
Total	83	2161	5 743	37,62

L'analyse de la variance, appliquée aux transformées angulaires des données donne les résultats suivants :

Variation :	Degrés de liberté	Sommes de carrés	Carrés moyens	F
Entre comptages..	2	1 305,08	652,54	—
Dans les comptages	80	9 707,98	121,35	5,377··
Total	82	11 013,06	—	—

La valeur de F observée est supérieure à la valeur correspondant au point 1 p. 100 pour 2 et 80 degrés de liberté. Les différences entre comptages sont donc très nettement significatives. (1)

Afin de vérifier notre hypothèse suivant laquelle la précocité et la période de floraison plus courte des plantes jaune-orangé foncé fait que le pourcentage apparent de plantes issues de fécondation croisée s'accroît avec le temps, nous pouvons analyser les deux degrés de liberté pour la variation entre moyenne des comptages en un degré pour la régression sur le temps et un pour les déviations par rapport à cette régression.

(1) Dans toute cette étude les significations sont indiquées par : un point · point 5 p. 100. — deux points·· point 1 p. 100. — trois points ··· point 0,1 p. 100.

Les intervalles étant égaux nous avons pris comme unité de temps une période de 4 jours.

L'analyse est la suivante :

Source de variation	DL	SC	t^2
Total	2	46,617853	—
Régression	1	46,4937245	374,5612**
Reste	1	0,1241285	—

Les données transformées ont comme moyennes :

Date du comptage	8/5	12/5	16/5
Moyenne	33,814	38,204	43,457

et le coefficient de régression est : 4,8215.

En corrigeant les données pour les rendre comparables à celles du premier comptage qui, nous l'avons vu, est le moins faussé par la défloraison des plantes jaune-orange foncé, on obtient après transformation inverse un pourcentage moyen de 30,8.

Ce chiffre s'accorde bien avec ceux de SYLVÉN (1920) qui donne pour les pourcentages mesurés sur la couleur des fleurs 12,8 à 29,7 p. 100 avec comme moyenne environ 20 p. 100 et avec ceux de OLSSON (1952) qui indique comme moyenne 34,6 p. 100 pour les deux populations *Lembke* et *Svalöfs Senraps*.

Nos chiffres révèlent cependant deux exceptions qui ne sont probablement pas dues à la date de comptage : deux descendances ont donné 99 p. 100 de fécondations croisées. On retrouve dans les données de OLSSON (1952) une descendance isolée dans la distribution de fréquence pour *Lembke* avec 80-85 p. 100 de fécondations croisées. OLSSON (in verb.) nous a confirmé l'existence d'exceptions de cette nature dans ses propres comptages. Il semble donc qu'il y ait parmi ces plantes à fleurs jaune-orange foncé une faible proportion de plantes aberrantes qui sont à peu près complètement allogames.

Cependant, en dehors de ces rares exceptions, on peut dire que dans les populations de colza couramment cultivées, chaque plante produit un tiers de ses graines par fécondation croisée et les deux autres tiers par autofécondation. De plus des observations que nous avons faites dans des parcelles d'essais comparatifs, dont la semence provenait en fécondation libre de plantes cultivées dans notre pépinière et homozygotes pour une des couleurs de fleur recessives, montrent que dans ces conditions le pourcentage de plantes provenant de fécondations croisées avec des plantes de lignes voisines à fleurs jaune d'or dominantes varie de 0 à 10 p. 100. Les mêmes proportions ont été observées par OLSSON (1952) sur des descendances de plantes prélevées plus ou moins loin du bord de parcelles d'essai à fleurs de couleur recessive situées au milieu de parcelles à fleurs de couleur dominante. Etudiant la dispersion radiale du pollen à partir de plantes « dominantes » sur de la moutarde blanche, le même auteur a trouvé que

le pollen était rarement transporté au delà de 0,60 m. On doit admettre que les mêmes conditions règnent chez le colza pour expliquer la faible contamination apparente de plantes « recessives » d'une ligne de pépinière homogène par le pollen des lignes « dominantes » voisines.

Si on considère le système de reproduction d'autres espèces, on trouve que bien qu'un peu inférieur, le taux de fécondation croisée dans les mêmes conditions serait presque comparable chez l'orge d'après SMITH (1951) et notre collègue CAUDERON (in verb.) ; chez le tabac, traditionnellement tenu pour une plante autogame, JINKS et MATHER (1955) parlent de 30 p. 100 de fécondations croisées et se basent sur ce chiffre pour le ranger effectivement dans les plantes autogames.

Conséquences pratiques.

Ainsi, malgré les apparences et malgré son origine, le système de reproduction du colza semble permettre de le ranger parmi les plantes autogames.

Or, il est extrêmement curieux de constater que les auteurs allemands et suédois, tout en reconnaissant cet état de chose, ne peuvent s'affranchir de la crainte d'un effet d'inbreeding causé par l'autofécondation systématique répétée (OLSSON, communication personnelle et 1955, WAGNER 1954).

Le premier de ces deux auteurs ne donne aucun résultat d'expérience à l'appui de sa thèse, mais WAGNER fournit de nombreux chiffres à l'appui. Sa comparaison de neuf lignées tirées de *Lembke* avec la variété d'origine est très impressionnante à ce sujet. Elles sont toutes inférieures à *Lembke* en ce qui concerne non seulement le rendement individuel moyen mais aussi le nombre de grains par silique, la hauteur des plantes et le poids de mille grains. Nous verrons dans la section de ce mémoire consacrée aux facteurs du rendement que tous ces caractères sont liés par des corrélations positives au rendement et que leur héritabilité est très élevée, si celle du rendement individuel moyen est faible dans les conditions de milieu des pépinières. Il est donc extrêmement surprenant que neuf lignées tirées d'une population aussi hétérogène que *Lembke* soient toutes inférieures à la moyenne de la population dont elles proviennent.

D'autre part, la dépression semble n'être vraiment forte qu'à partir de la 6e génération. WAGNER explique le fait par la nature amphidiploïde du colza qui retarderait le développement de l'inbreeding et son action dépressive « à cause de la duplication du stock chromosomique ». Or c'est justement une des caractéristiques des amphidiploïdes que de se comporter comme des diploïdes ordinaires lors de la méiose, donc lors du rétablissement de l'homozygotie par l'autofécondation. La netteté souvent extraordinaire des disjonctions F_1 que l'on observe chez le colza est une preuve supplémentaire de la régularité de son comportement méiotique. Il n'y a donc aucune raison de penser que l'inbreeding doive faire sentir ses effets

avec un retard, comme c'est le cas chez les autotétraploïdes où ce retard est lié à un ralentissement correspondant de l'établissement de l'homozygotie.

De plus, parmi ces neuf lignées, on en trouve trois qui ont des fleurs jaune orangé. Nous avons dit que la proportion naturelle dans les populations du type *Lembke* est de l'ordre de un pour mille et que d'autre part on était frappé de l'aspect chétif des plantes ayant cette couleur de fleurs au milieu des autres.

Enfin, sur les neuf lignées, six sont nettement plus précoces que *Lembke*, les autres étant de même précocité. Nous verrons plus loin que la précocité est en corrélation négative avec le rendement, et est, elle aussi, hautement héritable.

Il semble difficile de ne pas conclure qu'une sélection inconsciente a dû être opérée lors de l'obtention de la sélection des lignées en question. Troll (1947), à l'occasion de son étude sur la résistance au froid de descendances individuelles, a étudié l'influence de l'autofécondation. Il n'a pas trouvé trace d'effet d'inbreeding, en particulier en ce qui concerne la résistance au froid. A cet égard les observations que nous avons pu faire cette année (février 1956) confirment, pour des lignées en F_8, le comportement apprécié relativement à celui de la population *Alsace*, que nous avions observé en F_6 en 1954.

Cependant les résultats d'un essai portant sur quatre lignées de colza, représentées par le mélange pour chaque lignée de graines provenant d'autofécondations en 1950, d'autofécondations en 1951 et de croisements intravariétaux faits en 1951, ainsi que sur les douze F_1 possibles entre ces quatre lignées (dans les deux sens) obtenues soit par castration et pollinisation à la main, soit en laissant les plantes de deux lignées s'interpolliniser librement dans des parcelles isolées, semblent indiquer l'existence d'un certain hétérosis.

Nous désignerons les différents groupes de traitements inclus dans l'essai de la manière suivante :

A : F_1 obtenues par croisement artificiel,

B : F_1 obtenues par interpollinisation libre,

C : F_1 intravariétales,

D : autofécondations faites en 1950,

E : autofécondations faites en 1951 (comportant donc une génération d'autofécondation de plus).

Des quatre lignées utilisées, deux étaient issues d'hybrides, l'une se touvant en 1950 en troisième, l'autre en quatrième génération d'autofécondation, les deux autres étaient issues de populations et étaient l'une en I_2 l'autre en I_3.

Nous avons étudié dans l'analyse de la variance qui suit (tableau II) les comparaisons suivantes :

AB par rapport à CDE qui permet de tester l'existence d'heterosis chez les hybrides F_1.

A l'intérieur de AB nous avons isolé un degré de liberté correspondant à la comparaison croisement artificiel : interpollinisation libre.

A l'intérieur de CDE nous avons isolé deux degrés de liberté correspondant à la comparaison entre C, D et E et trois correspondants aux différences entre lignées.

L'analyse de la variance nous a fourni accessoirement les trois interactions blocs × variétés (représentées par les termes « erreurs ») correspondant aux comparaisons dans AB, dans CDE, et entre AB et CDE auxquelles nous avons appliqué le test de BARTLETT (BARTLETT 1937).

TABLEAU II

Source de variation	Degrés de liberté	Somme de carré	Carré moyen	F	
				1	2
Blocs	3	124 178			
A/B	1	3 255	3 255	4,872·	3,108
Reste	22	55 122			
Dans AB	23	58 376	2 547	3,812···	2,432··
C/D/E	2	11 129	5 564	3,270·	5,314··
Lignées	3	61 861	20 620	12,136···	19,694···
Reste	6	5 589			
Dans CDE	11	78 579	7 144	4,204···	6,823···
AB CDE	1	29 140	29 140	11,360·	27,831···
					4,532···
Traitements	35	166 095	4 746		
Interactions					
Blocs × traitements					
Dans AB	69	46 122	668		
Dans CDE	33	56 077	1 699		
Entre AB et CDE.	3	7 695	2 565		
Résiduelle (erreur).	105	109893	1 047		

Les F de la colonne 1 sont calculées par rapport aux carrés moyens partiels de l'erreur (interactions blocs × traitements), ceux de la colonne deux par rapport au carré moyen de l'erreur pour l'ensemble de l'essai (105 degrés de liberté).

Test de BARTLETT sur les trois carrés moyens interaction :

χ^2 (corrigé) = 11,63. $0{,}01 > P > 0{,}001$.

Moyennes :

A : 703 F_1 artificielles,
B : 656 F_1 libres,
AB : 679,
C : 604 F_1 intravariétales,
D : 472 autofécondations I_n (1950),
E : 599 autofécondations $I_{(n+1)}$ (1951),
CDE : 558.

L'examen de l'analyse indique :

1° Une faible différence entre A et B ainsi qu'entre AB et CDE. Les F_1 artificielles sont supérieures aux F_1 libres. Les F_1 intervariétales sont supérieures aux F_1 intravariétales et aux autofécondations.

2° Des différences probables entre C, D et E. Il est curieux de constater que les autofécondations en I_n de 1950 sont nettement inférieures aux $I_{(n+1)}$ de 1951 comme aux F_1 intravariétales de cette même année.

3° De très fortes différences entre lignées dans CDE ainsi qu'entre les diverses F_1 dans AB.

Enfin le test de BARTLETT indique l'hétérogénéité des erreurs ou interactions blocs × traitements. Il semble que les F_1 intervariétales réagissent de manière plus homogène aux différences entre blocs que les autofécondations ou les F_1 intravariétales. Le colza se comporterait donc à ce point de vue plutôt comme une plante allogame, plus stable (au sens de JINKS et MATHER (1955)) à l'état hétérozygote, que comme une plante autogame.

Cependant la différence entre F_1 et lignées n'est pas considérable et cette stabilité plus grande des individus hétérozygotes est contrebalancée dès la F_2 par la disjonction pour conduire à une hétérogénéité d'ensemble bien plus grande que dans une lignée pure même moins « stable » sous l'action du milieu.

De plus cet essai est isolé et demande à être répété avec un matériel plus étendu ; les données de WAGNER concernant l'hétérosis chez les hybrides entre ces lignées ne laissent pas non plus espérer de gains importants par ce moyen. Or, avec les impératifs techniques, c'est la possibilité d'un gain effectif sur la productivité qui doit déterminer le choix de la méthode pour le travail d'amélioration. Si les lignées pures obtenues par autofécondations devaient être systématiquement inférieures en productivité aux populations dont on les tire, comme c'est le cas pour le maïs, il faudrait alors rechercher une autre méthode, ou utiliser l'hétérosis dans de des hybrides industriels. Cette dernière solution suppose d'une part la possibilité de réaliser ces hybrides : la proportion d'autofécondation naturelle rend nécessaire soit la pollinisation à la main, longue et coûteuse, donc non rentable, soit l'utilisation de « mâle-stériles ». Dans ce dernier cas, à supposer que l'on possède de tels mâle-stériles, il faudrait compter sur un rendement en semences très réduit puisque les fleurs castrées et laissées en fécondation libre ne donnent que 30 p. 100 environ de siliques d'après RÜMKER et LEIDNER (1913), le traumatisme de la castration ne pouvant rendre compte que d'une très faible fraction des pertes ; il faudrait, d'autre part, disposer d'un facteur de stérilité mâle dont le rétablissement de la fertilité soit très efficace dans la génération utilisée pour la production de graines. Les recherches de SUNESON (1951) sur l'orge ont montré en effet que les avantages de l'hétérosis sont complètement masqués, chez les plantes dont on utilise la production de graines et qui sont à autogamie

dominante, par le déficit causé par la non-pollinisation d'un grand nombre d'ovules due à la stérilité mâle.

La méthode proposée par Olsson (1955) semble être celle qui a dominé toute l'amélioration du colza si on en croit le tableau donné par Baur (1939) (pp. 282-283) des variétés de colza cultivées en Allemagne. Toutes les variétés citées sauf une (*Svalöf Senraps*) sont issues de « sélection individuelle avec test des descendances » (Individualauslese mit Stammzucht), c'est-à-dire de la réunion d'un certain nombre de lignées « d'élite », sélectionnées en fécondation libre et étudiées pour leurs caractères intéressants, en une population qui est ensuite multipliée chaque année en masse. Cette méthode ne diffère guère de la simple sélection massale, qui a également été employée. Elle est certainement plus efficace que cette dernière, dans la mesure où les descendances sont testées de manière satisfaisante. L'idée directrice est de maintenir dans la population une hétérogénéité génétique suffisante pour éviter un effet d'inbreeding hypothétique. C'est ainsi que Olsson (1955) pense que « les nouvelles variétés (doivent) être basées sur un matériel génétique aussi large que possible ». Elle a cependant l'inconvénient, une fois la population synthétique réalisée à partir de plusieurs descendances, de laisser une grande part au hasard des fécondations croisées entre les différentes lignées qui donnent le jour à des hybrides dont on ne sait rien. On ne peut alors prévoir l'évolution de la population au cours des générations. De plus, la production de semences en masse pose un problème de conservation du type et de ses qualités qui est très difficile à résoudre à cause du manque de caractères nettement identifiables chez le colza.

C'est ce qui explique à la fois l'hétérogénéité interne des différentes populations tirées du type *Lembke* (par exemple *Alsace* en France ou *Matador* en Suède) et l'absence de différences nettes entre elles, tant au point de vue morphologique que du point de vue de la productivité. Dans les essais de rendement où entrent ces populations on trouve quelquefois des différences statistiquement significatives mais le classement des différentes variétés n'est jamais le même, d'un essai à l'autre, sans qu'on puisse établir des liens entre ce classement et la situation de l'essai ou l'année. Nous donnons dans le tableau III des résultats obtenus en 1955, dans des essais réalisés dans différents départements du Bassin parisien.

Les rendements sont comparés à celui du témoin *Alsace* = 100.

Si on considère qu'*Alsace* est une population tirée par sélection massale de *Lembke* vers 1946 et qui depuis n'a pas fait l'objet d'autres sélections, mais a été exposée à de nombreux mélanges et est de ce fait devenue extrêmement hétérogène et que *Valois* est issu d'un lot de *Lembke* lui aussi multiplié pendant longtemps sans sélection conservatrice, alors que le *Matador* employé dans ces essais provenait directement du représentant en France de son obtenteur, on ne peut qu'être frappé par

l'absence de différences entre ces populations. Et on est amené nécessairement à la conclusion que la sélection massale ou ses variantes, ne peuvent suffire à améliorer les populations existantes. Dans la mesure où les souches individuelles utilisées pour la formation de ces populations synthétiques étaient réellement supérieures à la population de départ, ce qui est certainement vrai pour *Matador* au moins, il est probable que le taux de fécondations croisées combiné avec les disjonctions qui résultent de l'autofécondation des hybrides auxquels elles donnent lieu, suffit pour rétablir

TABLEAU III

Département	Matador	Alsace	Valois
Pas de Calais	87·	100	—
Nord	106·	100	—
Nord	100	100	—
Aisne	94	100	95
Eure	99	100	—
Seine-Maritime	99	100	—
Yonne	107	100	—
Marne	90	100	—
Haut-Rhin	99	100	—
Aube	112	100	—
Indre	102	100	—
Seine-et-Marne	95	100	—
Seine-et-Oise	106	100	102

(·) Différences significatives.

en peu de générations l'équilibre des génotypes rompu par la sélection opérée et ramener le niveau de productivité à son point de départ. La cause de cet échec de la sélection ne serait donc pas l'imprécision avec laquelle est appréciée la valeur des composants de la population synthétique, mais bien le caractère composite de cette population qui permet la formation d'hybrides et la disjonction de leurs descendants dont on ne connaît pas la valeur et dont on ne peut contrôler l'évolution de l'équilibre dans la population.

D'un autre côté les avantages de la méthode généalogique utilisant l'autofécondation contrôlée suivie de l'utilisation directe des lignées pures obtenues comme variétés cultivées sont considérables. Dans la pépinière on évite l'apparition gênante d'hybrides naturels qui faussent l'appréciation des descendances ; la similitude génétique entre plantes mères et descendance s'améliore à mesure que l'homozygotie devient plus complète : les tests faits sur une partie d'une descendance renseignent de mieux en mieux sur les performances futures des descendants de l''autre partie ; enfin, l'homogénéité des lignées pures, outre qu'elle assure la reproductibilité des résultats d'année en année, présente chez le colza des avantages particuliers à cette espèce : la floraison et la maturité deviennent beaucoup plus homogènes dans le temps ; ces périodes critiques de sensibilité

aux attaques des parasites et aux dégâts du vent et de la grêle sont raccourcies.

L'inconvénient majeur est la nécessité de contrôler l'autofécondation au moyen de sachets ou de cages d'isolement. Il reste évidemment aussi le danger de l'inbreeding.

Pour évaluer ce danger, il suffit de comparer la productivité de lignées autofécondées à celle des variétés cultivées. En effet, même en admettant qu'une lignée en F_{10} par exemple, présente une dépression par rapport à la plante qui a servi comme tête de lignée, si elle conserve une productivité supérieure aux variétés qu'on veut remplacer, il n'y a aucune raison de la rejeter à cause de cette dépression.

Deux sortes de preuves peuvent être utilisées à cette fin : soit la comparaison directe de deux générations consécutives d'autofécondation, soit la considération de la productivité de lignées pures par rapport aux populations témoins.

La première comparaison permet, dans le cas où on compare une population à la population d'autofécondations qu'on en tire en isolant un grand nombre de plantes, de mesurer l'importance de l'effet dépressif de la première génération d'autofécondation, qui est normalement le plus grand. Dans un essai que nous avons réalisé nous avons comparé 4 populations aux populations d'autofécondations qui en étaient issues. La différence observée, de 6 p. 100 en faveur des autofécondations, n'était pas significative.

La seconde comparaison permet simplement de dire si des lignées pures peuvent lutter avec les populations actuelles sous le rapport de la productivité. Dans les 4 dernières années, nous avons essayé 123 lignées en comparaison avec *Alsace* ou *Matador*. La répartition est la suivante :

Statistiquement supérieures au témoin : 19,

Statistiquement comparables au témoin : 66,

Statistiquement inférieures au témoin : 39.

Il faut signaler ici que parmi les résultats égaux ou inférieurs à celui du témoin, un certain nombre ont été influencés par les dégâts causés par le froid de l'hiver 1953-1954, la sensibilité au froid des lignées touchées provenant avec certitude de leurs parents (population *Hambourg* ou hybrides faisant intervenir *Hambourg* ou des populations de l'ouest de la France qui sont très sensibles au froid) et non de l'inbreeding. Le nombre de générations d'inbreeding variait de 4 à 9.

Il est donc possible de trouver des lignées autofécondées qui dépassent les populations actuelles. En les multipliant par sélection conservatrice généalogique on peut donc espérer obtenir des variétés non seulement plus productives mais plus homogènes, dans le temps et dans l'espace, avec tous les avantages que cela comporte.

II. — RYTHME DE VÉGÉTATION

La période de floraison du colza a une grosse importance pour le cultivateur et pour le sélectionneur. Elle constitue un stade critique qui se prolonge assez longtemps puisqu'elle peut durer de 30 à 40 jours en moyenne. Outre que les conditions climatiques de cette période peuvent avoir des incidences directes sur la fécondation ou la nouaison, c'est la période d'exposition aux attaques des parasites les plus dangereux qui sont actuellement le Méligèthe et le Ceutorrhynque, et s'attaquent aux bourgeons ou aux jeunes siliques. Avant de rechercher la période optimale vers laquelle il faut orienter la sélection, il importe d'étudier les limites dans lesquelles elle peut varier.

Le début de la floraison est limité dans le temps — pour les colzas d'hiver — par les dernières gelées tardives. En effet, à partir du moment où les boutons floraux sont découverts et où la tige s'allonge, la sensibilité au froid de ces organes devient très grande. Il n'est pas rare sur les types précoces de constater des dégâts de gelées tardives sur les boutons ou sur les tiges. C'est ainsi qu'en 1955 un lot d'une population très précoce du Finistère cultivé à Versailles a été détruit à 70 p. 100 par les gelées du mois de février, alors qu'il était haut d'environ 80 cm.

Il est curieux de constater à ce sujet que l'on peut faire quatre groupes parmi les colzas que nous avons observés. Dans le premier nous rangerons les colzas océaniques des types *Nain de Hambourg*, *Parapluie* et *Vendée* — originaires de régions à gelées faibles, ils ne présentent jamais une bonne résistance au froid.

Dans un second groupe on peut ranger les types comme *Lembke* et ses dérivés qui ont un début de floraison et de reprise de végétation assez tardif et sont résistants au froid avant cette reprise. Dans le troisième groupe nous rangeons les colzas d'Europe centrale et orientale. Cultivés à Versailles, ils ont une résistance au froid en hiver comparable à celle du groupe précédent. Mais leur reprise de végétation très rapide les en distingue nettement. En France ils risquent de souffrir des gelées tardives. Enfin, le quatrième groupe comprend des colzas originaires du sud-est de la France. Leur résistance au froid est médiocre et leur rythme de végétation analogue à celui du troisième groupe. NICOLAISEN (1943) décrit l'évolution, dans le climat polonais, du type *Lembke* vers les populations de notre troisième groupe. Il est évident que dans les climats très contrastés de l'Europe orientale ou du Sud-Est, la sélection naturelle ne joue pas pour éliminer les types à départ de végétation précoce puisqu'une fois l'hiver fini il n'y a plus de gelées. Ces types, moins productifs par ailleurs, sont cependant avantagés car ils gênent les autres par leur développement plus rapide.

A l'autre extrémité de l'échelle de précocité, l'époque de maturité conditionne l'utilisation des types tardifs.

Dans les conditions actuelles de culture, il faut en effet que le colza puisse être récolté avant les céréales les plus précoces. Le désavantage des types tardifs est bien illustré par les résultats de deux de nos lignées dans deux essais réalisés à un an d'intervalle (tableau IV).

TABLEAU IV

Rendement par rapport au même témoin de la lignée Alsace 2 (4).

en 1954	en 1955
116 %	96 %

La différence s'explique par le fait que l'essai de 1954 comportait surtout des lignées tardives et a été récolté en dernier lieu alors qu'il était bien mûr, alors que l'essai de 1955 qui portait sur un grand nombre de types en général plus précoces a été récolté au moment où la majorité des types étaient mûrs mais avant que *Alsace 2* (4) ne le soit.

Nous avons étudié les relations entre la date de début de floraison et la durée de floraison pour l'ensemble des types de notre collection et pour les années 1950-51 et 1951-52 (moyennes de 10 plantes pour chaque lignée). Les coefficients de corrélation que nous avons obtenus sont les suivants (tableau V) :

TABLEAU V

	1950-51	1951-52
Date de début de floraison — durée de floraison	— 0,80***	— 0,90 ***
Date de début de floraison — date de fin de floraison	—	+ 0,448***
Date de début de floraison 1951-1952	+ 0,84***	
Durée de floraison 1951-1952	+ 0,52***	

Les résultats s'accordent bien avec ceux de SCHRIMPF (1954) qui a trouvé des chiffres analogues pour des plantes prises individuellement comme pour les populations prises globalement.

Ils traduisent bien la constance du rythme de végétation des différents types d'une part et le fait caractéristique que la durée de floraison est d'autant plus grande que celle-ci commence plus tôt. Aussi malgré la forte corrélation entre les dates de début et de fin de floraison, on est frappé par la différence nette de la dispersion de ces deux dates. Nous avons comparé les variances de ces deux dates pour 141 lignées de notre collection. Nous avons obtenu ainsi un F de 3.88 qui est significatif au point 0,1 p. 100.

RUDORF et STELZNER (1937) ont étudié le déterminisme de la floraison et montré que la montée à fleur ne peut avoir lieu chez les colzas d'hiver qu'après l'exposition des plantes à une température ne dépassant pas

10° pendant au moins 40 jours. On peut comparer ce résultat à ceux qu'ont obtenus par exemple STOCKES et VERKERK (1951) sur le chou de Bruxelles et qui sont confirmés par de nombreuses observations sur le passage des Crucifères bisannuelles du stade végétatif au stade reproductif.

SCHRIMPF (1954) a étudié la réalisation de ces stades en relation avec les sommes de températures et a trouvé que pour la réalisation du début de la floraison, une période préalable de 40 jours à une température moyenne de 7 à 8° environ était nécessaire pour *Lembke*. Pour la période de floraison elle a trouvé une somme de température de 366° pour *Lembke* et 380° pour *Janetzki*.

Cela explique bien l'étalement du début de floraison : en effet de petites différences dans les sommes de températures nécessaires,caractéristique des différents types de colza, se traduisent à ce moment là par des différences en nombre de jours beaucoup plus considérables qu'au moment de la fin de floraison où la température moyenne est plus élevée.

La différence entre *Janetzki* et *Lembke* traduit la différence entre nos deuxième et troisième groupes : *Janetzki* fleurit plus tôt, étant d'un type plus oriental (NICOLAISEN 1943) et fleurit plus longtemps, donc reçoit une somme de température plus grande du début à la fin de sa période de floraison.

Mais la corrélation entre la précocité du début de la floraison et la durée de celle-ci ne s'explique pas entièrement par la faiblesse des températures moyennes en début de floraison. La somme de température reçue par *Janetzki* pendant sa floraison est effectivement plus élevée que celle de *Lembke* qui fleurit plus tard. Deux explications peuvent être données : ou bien les variétés qui commencent à fleurir tôt, c'est-à-dire qui ont besoin d'une somme de température plus faible pour le faire, ont en général besoin d'une somme de température plus grande pour terminer leur floraison ; ou bien un ou plusieurs autres facteurs climatiques sont en jeu.

HÄRLE (1941) a étudié les facteurs qui déterminent l'avortement et la chute anormale des boutons. Parmi les facteurs étudiés, il semble que la sécheresse soit déterminante.

D'autre part, des observations faites sur le chou montrent que le maintien de choux prêts à fleurir à une température supérieure à 15° provoque la chute ou la transformation des boutons floraux qui présentent le phénomène de chloranthie, les pièces florales retournant à l'état végétatif (HAINE 1951, NORTH 1952).

Or, nous avons souvent constaté au champ que les derniers boutons floraux du colza se dessèchent et tombent ou développent de la chloranthie. Ce dernier phénomène se retrouve avec une fréquence variable dans toutes les cultures de colza sur des plantes isolées. Dans nos pépinières nous n'avons jamais constaté d'hétérogénéité dans la distribution de son apparition. En particulier il n'y a pas de différence entre lignées ou entre

familles. Dans quelques cas où nous avons pu récolter des graines sur des plantes chloranthiques, ce qui est rare car elles sont presque toujours entièrement stériles, nous n'avons pas observé de chloranthie chez leurs descendants. Le déterminisme de leur apparition n'est donc probablement pas génétique ou s'il l'est, il doit s'apparenter à celui des « phénodéviants » de LERNER (1954). Ce terme couvre un ensemble de types aberrants qui apparaissent sporadiquement dans des espèces très variées et semblent dus à un déséquilibre génétique. Des expériences de sélection pourraient vérifier cette hypothèse.

D'autre part, on constate souvent que les repousses qui se développent tard en saison, en particulier sur les colzas versés, présentent de la chloranthie, alors même que les plantes qui les portent sont tout à fait normales. Enfin, dans un essai de semis en avril de colzas d'hiver, nous avons pu constater que la plupart des plantes qui arrivaient à monter présentaient de la chloranthie et étaient stériles. Il semble donc que l'avortement des boutons et leur chute ou leur retour à l'état végétatif soient, chez les *Brassica* bisannuelles, la conséquence d'une température élevée.

On comprendrait alors mieux que la fin de floraison soit aussi homogène pour des types très différents dans leur rythme de végétation. Lorsque la température dépasse le seuil de retour à l'état végétatif, et même dans les cas où le potentiel de production de fleurs n'est pas épuisé, ce processus physiologique interviendrait pour arrêter la floraison.

On a quelquefois préconisé des modifications de la précocité comme moyen d'échapper aux attaques de parasites. Nous pensons cependant que ce déplacement de la floraison serait rapidement suivi, dans les régions où des variétés plus ou moins précoces que les variétés actuelles seraient adoptées, d'une sélection dans le même sens des populations de parasites ; et la période de floraison est, nous l'avons vu, limitée d'une part par la nécessité de ne pas courir le risque des gelées tardives sur les plantes en train de monter, et, d'autre part, par celle de ne pas cultiver de types trop tardifs risquant de ne pas être mûrs à temps.

De plus, en s'adressant à des types plus précoces on risque de prolonger la durée d'exposition aux attaques puisque leur floraison est plus longue.

Enfin, il semble qu'il y ait une certaine corrélation négative entre la précocité ou la durée de floraison et la productivité. Les coefficients de corrélation que nous avons obtenus ne sont pas significativement différents de zéro, mais il reste que les types très précoces au début de floraison, comme ceux du sud-est de la France et ceux d'Europe centrale sont régulièrement très peu productifs.

La sélection devra donc s'attacher plutôt à raccourcir la période de floraison. On réduira ainsi la période d'exposition aux attaques de parasites et en même temps l'échelonnement de la maturité, c'est-à-dire les dangers d'égrenage.

III. — ÉTUDE DES CRITÈRES DE SÉLECTION POUR LA PRODUCTIVITÉ. FACTEURS DU RENDEMENT

Variabilité du colza.

La sélection généalogique est la méthode la plus rapide pour obtenir et fixer, à partir d'une population génétiquement hétérogène quelle qu'elle soit, composée d'individus homozygotes ou non, les types les plus désirables. Mais cette efficacité est cependant fonction d'une part de l'importance relative de la variabilité génotypique et de la variabilité phénotypique, et d'autre part, de la proportion de variabilité génétique additive et non additive (MATHER 1949).

Dans ce qui suit nous nous sommes seulement attaché à séparer la variabilité génétique et la variabilité phénotypique, réservant pour l'avenir l'étude de la variabilité génétique sur des descendances de croisements.

Pour le sélectionneur habitué aux céréales, l'impression qui se dégage d'une pépinière de colza est celle d'une confusion extrême. Il est très difficile d'appréhender d'un coup d'œil le type morphologique d'une lignée, et d'analyser par un simple examen, les différences que l'on croit avoir vues. On est frappé en particulier de l'importance des différences entre plantes dans une lignée par rapport aux différences entre lignées, et ce à tous les stades de la végétation.

La balance révèle l'importance énorme de la variation phénotypique. Sur une ligne d'une lignée autofécondée depuis plus de cinq générations on constate des rendements individuels qui varient de 1 g, ou moins, à plus de 50 g.

Ceci est vrai pour les conditions de la grande culture, où la taille des plantes est déterminée en grande partie par la densité locale des pieds à l'unité de surface (à moins de 20 cm de part et d'autre sur la ligne), cette densité variant normalement beaucoup dans les conditions habituelles de semis. Mais c'est au moins aussi vrai pour des cultures semées en poquets distants de 20 cm sur des lignes écartées de 50 cm, et démariées pour ne laisser qu'une plante par poquet, comme c'est le cas pour nos pépinières.

Il en résulte que le rendement d'une plante, ou le volume qu'elle occupe avec ses ramifications couvertes de siliques, ne peuvent donner aucune information sur la productivité moyenne de sa descendance. Dans le déterminisme du rendement individuel, la part de la variation phénotypique est trop importante par rapport à celle de la variation génétique.

Sur les différents types de notre collection, nous avons calculé, pour deux années consécutives, la corrélation entre le rendement moyen de dix plantes d'une ligne et le rendement de la plante de l'année précédente

dont elles étaient issues par autofécondation. Nous avons obtenu les chiffres suivants :

Année de récolte	r	degrés de liberté	Probabilité $r = 0$
1951-1952.....	0,06	51	$P \gg 0,10$
1952-1953.....	0,25	56	$0,10 > P > 0,05$

Une seule des deux valeurs peut être considérée comme indiquant une liaison statistique possible. Nous pensons cependant que c'est celle qui est la plus proche de la valeur moyenne observable pour un tel coefficient de corrélation. En effet, la faible valeur du premier coefficient s'explique assez bien si on considère qu'en 1951 les plantes mères utilisées avaient été choisies sur le champ pour leur « bel aspect » c'est-à-dire pour un volume de végétation qui indiquait un rendement individuel élevé mais qui dans les lignées autofécondées de la collection dont il s'agit n'indiquaient aucune supériorité génétique. L'année suivante nous avons pris les plantes mères au hasard pour la reproduction de la collection, ce qui explique la valeur meilleure du coefficient obtenu, puisque la distribution de leur rendement n'était pas artificiellement faussée par une sélection inefficace. Cependant la faible valeur, 0,25 pour 56 degrés de liberté, montre à quel point s'exerce la variation phénotypique pour masquer la variation génétique.

On peut donc s'attendre à ce qu'une sélection basée sur le rendement individuel des plantes, même pratiquée dans une population génétiquement hétérogène, soit d'une efficacité très faible. En particulier dans le cas d'une sélection massale cette cause d'insuccès s'ajoute à l'insuffisance fondamentale de la méthode elle-même.

Nous avons donc étudié les caractères qui, par leur combinaison, constituent le rendement ainsi qu'un certain nombre de caractères qui sont soit dérivés des premiers, soit probablement liés à la productivité de manière plus ou moins étroite.

Les auteurs ont souvent mentionné et quelquefois étudié l'analyse du rendement en nombre de plantes à l'unité de surface, nombre de siliques par plante, nombre de graines par silique et poids des graines. Nous avons aussi étudié des caractères comme la longueur des siliques et le rapport du nombre de grains par silique à la longueur des siliques, ainsi que le nombre de ramifications et la hauteur qui sont évidemment liés au nombre de siliques.

Baur (1943) cite un grand nombre de corrélations obtenues par divers auteurs. Mais l'absence de précisions chiffrées ou d'indications sur les méthodes d'estimation de ces corrélations leur enlève de l'intérêt.

Nous avons étudié la variation et les inter-relations de ces caractères dans un certain nombre de populations : collection de types de la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles, diverses F_2 et diverses populations de lignées issues d'autofécondations dans la population *Alsace*.

Caractères facteurs du rendement.

Nous commencerons par étudier les divers caractères un à un à la fois du point de vue de leur variation et de leur transmission et du point de vue de la possibilité de leur utilisation pratique. Puis nous étudierons les données que nous avons obtenues sur leur influence sur la productivité après avoir esquissé les méthodes que nous avons employées pour cela.

Nombre de siliques.

Au niveau des plantes individuelles le nombre de siliques est évidemment le caractère qui détermine presque uniquement le rendement. C'est le plus évident de ses facteurs. C'est aussi, avons-nous dit, le plus sensible à l'action du milieu. Si on considère cependant le nombre de siliques non pas par plante mais par unité de surface, on s'aperçoit qu'il doit être déterminé dans un certain domaine de densités de peuplement, principalement par les conditions de milieu. En effet si on compare les potentialités, c'est-à-dire le nombre de fleurs ou de boutons, aux réalisations, c'est-à-dire au nombre de siliques formées, on s'aperçoit que le pourcentage de formation de siliques est infime. SCHRIMPF (1954), tout en donnant des chiffres de l'ordre de 50 p. 100 de siliques à la récolte par rapport aux fleurs observées montre que la proportion de ces siliques par rapport au nombre total de boutons est de l'ordre de 1/10 à 1/50 suivant les conditions de milieu. Elle fait observer que, pour un rendement de 20 quintaux, avec un peuplement de 50 plantes au mètre carré, le rendement moyen d'une plante soit 4 g correspond au contenu de 35 siliques. Elle cite 4 500 comme nombre de boutons couramment observable.

Cette énorme faculté de variation phénotypique explique les résultats d'essais que nous avons observés en 1953-1954. Des lignées dont 30 p. 100 des plantes seulement avaient survécu aux gelées ont eu des rendements égaux et même quelquefois supérieurs à ceux du témoin *Alsace* qui n'avait pas souffert du froid, simplement parce que les plantes survivantes s'étaient considérablement ramifiées.

On doit donc s'attendre à ce que le nombre de siliques mesuré sur des plantes isolées ne constitue en définitive qu'un caractère de médiocre intérêt pour le sélectionneur.

En dehors de ces considérations purement biologiques, les impératifs matériels, imposés par les disponibilités en temps et en main-d'œuvre peuvent être décisifs pour le choix des caractères utilisés. Le comptage des siliques plante par plante est une opération extrêmement longue. Nous l'avons fait pour un certain nombre de plantes en étudiant la variation des caractères des siliques à l'intérieur d'une plante. Pour les plantes de notre pépinière, le nombre de siliques peut atteindre 2 000 et plus, la majorité des plantes ayant entre 100 et 1 000 siliques. Avec les précautions qu'il

faut observer pour ne pas égrener les siliques, le dépouillement d'une plante peut prendre une demi-journée, ce qui est prohibitif.

Cette impossibilité technique et l'efficacité certainement réduite du caractère nous ont incité à ne pas l'utiliser dans notre travail d'amélioration. Des essais sont en cours pour tenter d'étudier sa variation et celles des autres caractères en fonction du peuplement.

Nombre de grains par silique et caractères associés.

Ce caractère n'a pas été beaucoup étudié par les anciens auteurs allemands. BAUR (1943) ne cite que les nombres moyens extrêmes pour une ramification obtenus par MANDEKIC et ne parle qu'en passant de la corrélation observée par celui-ci entre ce caractère et le rendement, qu'il indique cependant dans son tableau. NICOLAISEN (1943) « est d'avis » que le rendement peut être obtenu soit avec beaucoup de petites siliques soit avec peu de grosses siliques ; il cite *Janetzki* comme un exemple du premier cas, *Lembke* du second et se méfie de l'augmentation de la taille des siliques au prix de leur nombre. SCHRIMPF (1954) avec les mêmes exemples s'appuie sur le fait qu'elle a trouvé 17,1 graines par silique chez *Lembke* et 14,4 chez *Janetzki*, ce dernier étant moins productif pour affirmer sans autres arguments, à la fin du paragraphe qu'elle consacre aux facteurs du rendement (avec de nombreuses corrélations à l'appui, dont aucune ne concerne d'ailleurs le nombre de graines par silique), que si le poids de mille graines semble sans influence : « bien plus, le nombre de graines par silique est déterminant ». WAGNER (1954) a utilisé le nombre de graines par silique pour son étude de l'effet de l'inbreeding et de l'hétérosis chez le colza. STOLLE (1954) a étudié les divers facteurs du rendement et cite le nombre de graines par silique et sa corrélation avec le rendement.

La mesure de ce caractère est extrêmement facile. Les seules difficultés viennent des siliques parasitées où les graines ont été détruites plus ou moins complètement. Nous opérons de la manière suivante : sur chaque plante étudiée un échantillon de dix siliques est prélevé au hasard, en s'assurant seulement que ces siliques soient entières. La longueur des siliques de l'échantillon est ensuite mesurée en millimètres, en négligeant le bec. C'est donc en fait la longueur des valves qui est mesurée. Puis les siliques sont battues, en prenant soin de tenir compte des graines qui restent adhérentes soit aux valves soit au placenta pour une raison quelconque (en général la moisissure consécutive au passage des larves de Ceutorrhynque) et on compte les graines de l'ensemble des dix siliques. On obtient un nombre moyen de graines par silique qui est noté en même temps que la moyenne des longueurs mesurées.

Ce mode d'échantillonnage paraît à première vue hasardeux. En effet la petitesse relative de l'échantillon qui ne correspond souvent qu'à 1 à

5 p. 100 des siliques de la plante, la difficulté que nous prévoyions de faire exécuter cet échantillonnage sans choix conscient ou inconscient, nous ont fait craindre au début que l'imprécision des données ainsi obtenues ne soit par trop grande.

Les résultats obtenus à l'intérieur de lignées homogènes et leur comparaison d'année en année nous ont donné une preuve indirecte que cet échantillonnage pouvait donner des renseignements dont la précision est étonnante. En effet, les coefficients de variation de la longueur de siliques et du nombre de graines par silique sont de l'ordre de 3 à 5 p. 100 pour la première et de 5 à 10 p. 100 pour le second, pour les échantillons de 10 plantes qui représentent les diverses lignées. De plus, nous verrons que les coefficients de corrélations obtenus entre deux années consécutives sont de l'ordre de 0,8 à 0,9. Comme toute augmentation de l'imprécision de l'échantillonnage a sa répercussion dans l'augmentation de la variance, donc dans l'augmentation des coefficients de variation et surtout dans la diminution des coefficients de corrélation, nous avons là une indication de la valeur d'un échantillon de dix siliques prélevé sans choix conscient sur chaque plante.

Afin de préciser cette impression et de déterminer la base de la faible variance d'échantillonnage qu'elle laisse supposer, nous avons réparti l'ensemble des siliques d'une plante en groupes de dix qui ont été mesurés et comptés de la même manière, pour un certain nombre de plantes prises dans différentes lignées de notre collection.

La figure 1 reproduit un exemple typique de la relation qu'on observe entre nombre de graines et longueur des siliques. Le tableau VI donne un

TABLEAU VI

Relations entre la longueur des siliques, le nombre de grains par silique et leur rapport (densité)

	r (L/N)	r (N/D)	$\bar{L}$	$\bar{N}$	$\bar{D}$	$\bar{N}/\bar{L}$	$\sigma_L/\bar{L}$	$\sigma_{\bar{N}}/\bar{N}$	$\sigma_{\bar{D}}/\bar{D}$
Hambourg — plante :									
1	.739	.928	48,3	15,8	32,6	32,7	5,5	4,9	11,5
2	.859	—	41,9	12,6	—	30,0	12,2	21,0	—
Dwarf — Essex :									
1	.845	—	53,4	17,1	—	32,0	7,1	13,4	—
2	.871	.879	56,7	17,6	30,9	31,0	7,8	15,0	8,8
3	.735	—	47,7	11,3	—	23,7	9,0	24,4	—
7	.847	—	54,9	16,8	—	30,7	8,2	17,0	—
9	.894	—	54,4	18,1	—	33,3	8,8	21,5	—
10	.812	—	57,2	18,6	—	32,5	8,4	17,0	—
Lembke — Mansholt :									
9	.831	.937	59,1	18,9	31,9	31,9	9,3	18,0	12,7
10	.771	—	52,7	17,4	—	33,0	5,7	11,8	—
Valois — plante :									
1	.839	—	68,9	19,9	—	28,9	8,3	26,0	—
5	.731	—	65,9	18,4	—	27,9	8,1	14,6	—
Orléans — plante :									
10	.835	—	46,1	20,4	—	44,2	7,1	13,2	—

certain nombre de coefficients de corrélation calculés sur les moyennes de groupes de dix siliques. Il est à noter que les siliques ont été prélevées

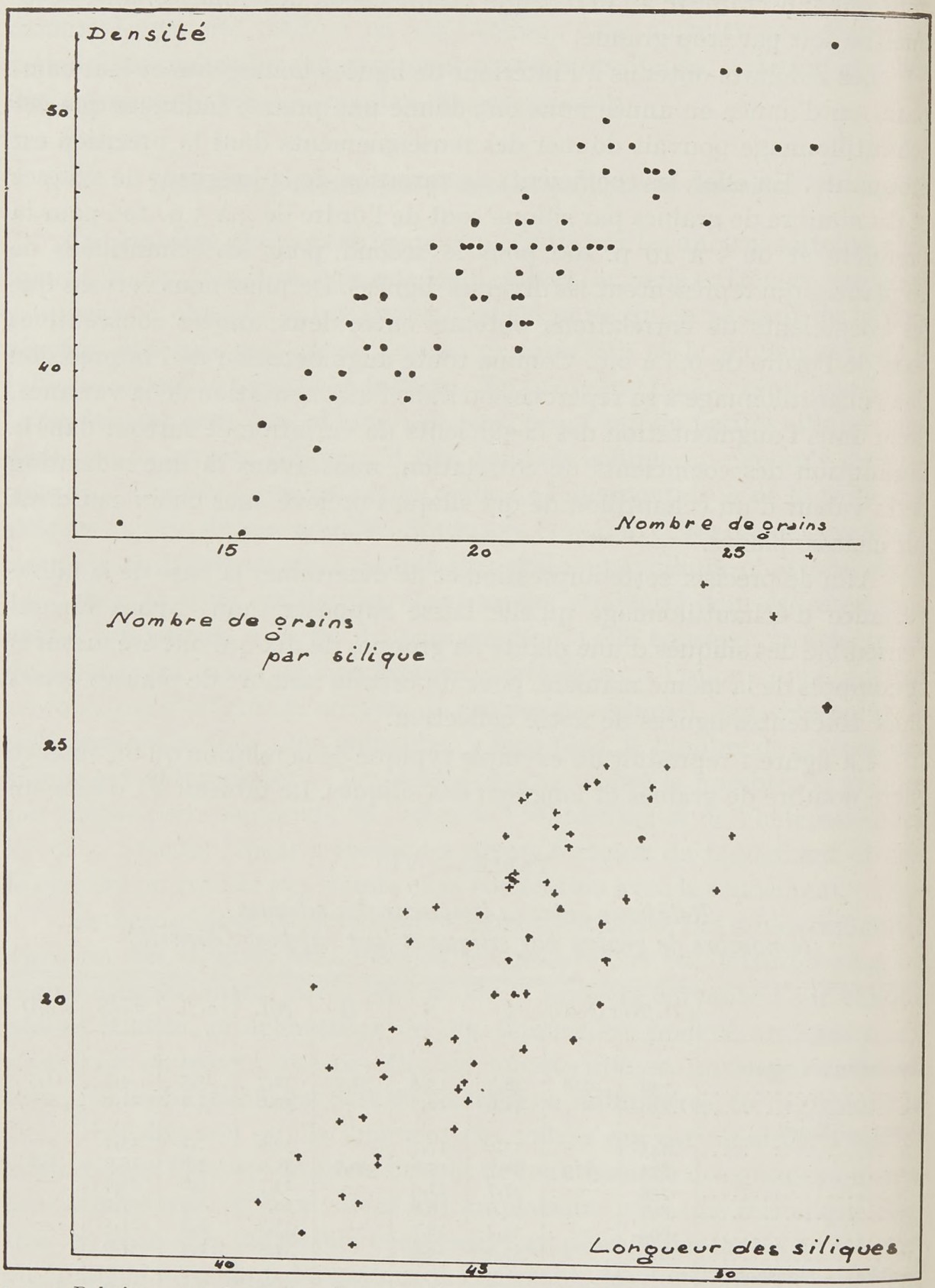


FIG. 1. — Relations entre le nombre de graines par silique et la longueur des siliques et entre la densité et le nombre de graines par silique chez une seule plante. Chaque point représente la moyenne d'un lot de 10 siliques. Lignée : Orléans (4) (6).

ramification par ramification et non entièrement au hasard, alors que dans la pratique habituelle nous faisons prélever l'échantillon sur la tota-

lité de la plante, ce qui améliore certainement l'échantillonnage. En effet les données obtenues en mesurant toutes les siliques d'une plante semblent indiquer des différences de ramification à ramification, sans qu'une loi générale se dégage nettement.

La valeur élevée des corrélations observées traduit bien l'aspect des nuages de points obtenus (figure 1). Les coefficients de variation des observations correspondant aux échantillons (moyenne de 10 siliques) sont également donnés par le tableau. Ils confirment la variabilité assez grande des deux caractères à l'intérieur d'une plante. Ils s'accordent bien avec les coefficients de variations observés pour les moyennes de lignées calculées sur 10 plantes dont nous avons parlé plus haut ; en supposant en effet que les variations dans les plantes et entre plantes d'une même lignée sont du même ordre, les cœfficients du tableau divisés par $\sqrt{10}$ sont bien de l'ordre de 3 à 5 p. 100 pour la longueur et de 5 à 10 p. 100 pour le nombre de graines. La longueur des siliques varie assez fortement de lignée à lignée ainsi que sous l'action des facteurs du milieu. On peut supposer à priori et nous verrons que l'expérience le confirme, que la longueur des siliques est liée au nombre de graines qu'elles contiennent par une relation analogue entre lignées à celle qui existe dans les plantes.

Nous avons constaté également une variation assez étendue dans le rapport des valeurs des deux caractères, qui correspond à un nombre de graines par unité de longueur de silique et que nous appelons densité. Une méthode d'amélioration séduisante consiste à décomposer le nombre de graines par siliques en une longueur de silique multipliée par une densité ; et à essayer de combiner par croisement les caractères de types à siliques très longues avec ceux de types à siliques très denses.

Cependant, pour une plante donnée, la droite de régression du nombre de graines sur la longueur ne passe pas par l'origine. Elle coupe l'axe des nombres de grains en un point qui est situé aux environs de l'abscisse -100 avec une assez forte variation. Il en résulte immédiatement que la densité ne peut être constante pour les différents échantillons à l'intérieur d'une plante et qu'elle est même en corrélation étroite avec le nombre de grains (cf. tableau VI). Cependant nous verrons que les valeurs observées de cette caractéristique se retrouvent bien d'année en année d'une plante à sa descendance et la longueur des siliques et le nombre de graines varient de manière assez indépendante entre lignées pour que l'utilisation de la densité et de la longueur soit justifiée au moins pour le choix des géniteurs.

Hauteur. Nombre de ramifications.

La hauteur des plantes, mesurée après la récolte depuis le collet jusqu'à l'extrémité de la ramification principale est, avec le nombre de ramifications portant des siliques à ce moment, le facteur décisif du rendement

individuel. En effet, ces deux caractères déterminent presque entièrement le nombre de siliques. BAUR (1943) cite dans son tableau des corrélations positives très fortes de ces deux caractères avec le rendement ; WAGNER (1954) l'a étudié comme facteur affecté par l'inbreeding ; SCHRIMPF (1954) donne des coefficients de corrélation positifs et assez élevés entre hauteur et rendement ainsi qu'entre nombre de ramifications et rendement.

Nous ne leur avions attaché au début que peu d'importance pratique. En effet, les résultats obtenus sur les divers types de notre collection nous avaient montré d'une part que la liaison entre hauteur et productivité comporte assez d'exceptions pour que leur corrélation soit faible, et d'autre part que dans les conditions de milieu des années où nous avions fait nos observations, la variation du nombre de ramifications, limitée par les mauvaises conditions culturales, était surtout le reflet des variations aléatoires du milieu, et en particulier de la présence ou de l'absence de plantes dans les poquets ou les lignes voisines. Des observations sur d'autres populations de lignées moins hétérogènes et placées dans des conditions très favorables qui permettent aux plantes d'extérioriser plus complètement et de manière plus homogène leurs possibilités de ramification nous ont conduit à réviser notre point de vue.

Il restera cependant à préciser l'influence de la compétition dans les peuplements denses de la culture normale pour pouvoir utiliser en particulier le nombre de ramifications comme critère de sélection, en étudiant dans quelle mesure un génotype donné conserve à ce point de vue le classement observé en pépinière quand il est cultivé en peuplement dense.

Poids de mille graines.

Quand les conditions de maturité sont bonnes, le poids de mille graines est une caractéristique remarquablement stable à l'intérieur d'une plante. On peut se contenter de compter pour l'estimer les graines contenues dans un échantillon de un gramme. Les chiffres obtenus ne varient jamais de plus de 5 p. 100 à l'intérieur de la récolte d'une plante convenablement mûre. Au sujet de l'intérêt de ce caractère en sélection, les avis diffèrent profondément. Le tableau de BAUR (1943) donne les résultats de MANDEKIC, de BAUMANN et de MIHALOVICI qui vont d'une forte corrélation négative à l'absence de corrélation respectivement. NICOLAISEN (1943) n'en parle pas. SCHRIMPF (1954) donne des coefficients de corrélation très variables suivant les années et en majorité négatifs. Elle considère ce caractère comme sans intérêt. WAGNER (1954) le cite parmi les facteurs du rendement qu'il a étudiés. Nous n'avons pu l'inclure dans les facteurs étudiés que récemment en raison du travail que nécessite sa détermination.

Méthodes d'études.

L'étude des facteurs du rendement pose le problème de l'appréciation de la valeur des caractères employés comme critères de sélection. Cette valeur doit s'apprécier en fonction de points de vue assez nombreux et variés.

Il importe de préciser tout d'abord l'importance du caractère considéré dans la détermination de la productivité. Il faut ensuite dans le cadre de la population considérée déterminer les facteurs dont la variation génétique est la plus importante et, quand on le peut, dissocier la part de variation génétique fixable et non fixable (MATHER 1950). On doit tenir compte également, nous l'avons vu à propos du nombre de siliques, des simples impératifs matériels qui commandent souvent la possibilité d'utiliser certains caractères ou l'ordre dans lequel on les envisage au cours de tris successifs. Enfin, on est quelquefois amené à abandonner des caractères qui bien que liés au rendement peuvent n'être pas désirables agronomiquement ; c'est sans doute dans une certaine mesure le cas de la hauteur chez le colza.

Notre travail a jusqu'ici consisté à essayer de déterminer pour les caractères que nous avons énumérés précédemment la part de la variation phénotypique et de la variation génétique, l'influence qu'ils ont sur le rendement et dans certains cas l'importance relative de leur variabilité dans une population.

Nous avons étudié la transmission héréditaire des facteurs du rendement sur des lignées constituant la collection de la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles. Nous nous sommes contenté d'estimer deux années de suite, dans des conditions assez différentes, les coefficients de corrélation entre les valeurs moyennes observées sur 10 plantes représentant ces lignées et les valeurs observées sur les plantes de l'année précédente dont elles descendaient. On obtient ainsi une estimation de la part de variabilité de ces moyennes qui peut être expliquée par celle des plantes mères. Le tableau VII donne les coefficients qui ont été trouvés. On remarquera qu'ils sont tous très supérieurs aux valeurs du seuil de probabilité 0,001 à l'exception de ceux qui concernent le rendement et le nombre de ramifications qui sont nettement inférieurs, un seul d'entre eux dépassant le seuil 0,05.

Dans la mesure où ces coefficients de corrélation traduisent les proportions relatives de variabilité phénotypique et de variabilité génétique fixée, l'extrapolation à des populations composées d'individus hétérozygotes semble justifiée, tout au moins en ce qui concerne les valeurs relatives de prédiction des différents caractères. Il ne faudrait pas oublier la part de variation génétique non fixable dans ces populations, non plus

que les différences possibles de comportement vis-à-vis du milieu entre homozygotes et hétérozygotes. Il reste que la sélection pour le nombre de graines par silique a plus de chances d'être efficace, toutes choses étant égales d'ailleurs, que celle pour le nombre de ramifications.

TABLEAU VII

Corrélations entre deux générations successives.

	1951-1952	1952-1953
Rendement	0,060	0,250
Hauteur	0,760	—
Nombre de ramifications	0,342	0,202
Longueur des siliques	0,837	0,803
Nombre de grains par silique	0,533	0,600
Densité	0,630	0,703
Poids de mille grains	0,715	—
Nombre de degrés de liberté	50	56
$r_{0,05}$	0,273	0,269
$r_{0,01}$	0,354	0,342
$r_{0,001}$	0,443	0,429

Pour étudier l'influence des différents facteurs dans la détermination du rendement, l'étude de coefficients de corrélation est notoirement insuffisante. En effet, l'intérêt individuel de deux facteurs en corrélation avec un troisième ((p. ex. la productivité) est essentiellement fonction de la nature de leur corrélation entre eux et l'utilisation simultanée des deux est d'autant plus fructueuse que cette corrélation est plus voisine de 0. C'est pourquoi il est toujours nécessaire d'envisager l'ensemble des corrélations de tous les caractères deux à deux. Comme un tableau de corrélation est difficile à lire et à interpréter, on est amené à utiliser des corrélations partielles ou multiples dont le calcul devient vite d'une complexité insurmontable. D'autre part, les tests de signification ne sont pas faciles à faire. C'est pourquoi nous nous sommes adressé à la méthode de la régression multiple et en particulier à la méthode de calcul et d'analyse progressive de la variance proposée par WOOLF. On sait que le calcul de l'équation de régression multiple revient à résoudre un système de n équations à n inconnues, les coefficients de régression. Le test de signification est alors celui de l'analyse de la variance du caractère que l'on cherche à expliquer en un terme qui représente la variation « due à la régression » c'est-à-dire la part de variabilité dont rend compte cette régression dans la variation totale, et un terme résiduel qui représente toute la variation non expliquée par les facteurs utilisés. La valeur du rapport F entre ces deux termes permet de tester la signification statistique de la régression.

La résolution du système d'équation peut être faite au moyen des méthodes d'inversions matricielles appliquées à la matrice de ses coefficients qui est celle des sommes de carrés et de produits entre tous les caractères pris deux à deux. La méthode de WOOLF permet de la réaliser pas à

pas. On cherche d'abord la régression du rendement, soit y, sur un caractère, soit x_1

$$y = b_1 x_1$$

la méthode fournit alors l'inverse de la matrice des sommes de produits de y et x_1, donc le coefficient de régression b, en même temps que le terme résiduel de l'analyse de la variance de cette régression, dont l'inverse est un élément de la matrice inverse obtenue. Le terme « régression » s'en déduit par différence avec le total. Puis on « introduit » un second facteur x_2 (en « introduisant » dans le calcul les sommes de ses produits avec y_1 et x_1 et sa somme de carrés) et on obtient la régression :

$$y = b'_1 x_1 + b'_2 x_2$$

avec un nouveau terme résiduel. On peut alors tester la signification de la nouvelle régression. En même temps la différence entre les deux termes résiduels est un terme de l'analyse de variance qui correspond à la part de variabilité de y non expliquée par x_1 et expliquée par x_2.

Comme la corrélation entre x_1 et x_2 n'est pas nulle en général, cette part ce variabilité dont x_2 rend compte, après régression de y sur x_1 n'est pas la même que celle dont rendrait compte la régression :

$$y = b''_2 x_2$$

Elle est moindre. On dit que x_1 a déjà apporté pour l'explication de la variation de y une certaine quantité d'information sur la mesure dans laquelle la variation de x_2 explique celle de y. Cette quantité d'informations est plus ou moins grande suivant que la corrélation entre x_1 et x_2 est proche de $\pm$ 1 ou de 0.

Si on généralise à plusieurs variables on voit que, bien que la régression sur n caractères soit toujours la même, les étapes de l'analyse de la variance ainsi comprise peuvent être différentes suivant l'ordre dans lequel on introduit les variables. C'est là le point faible de la méthode. Il peut être évité en utilisant comme caractères des fonctions des caractères utilisés pour l'explication et qui sont sans corrélation entre elles. Malheureusement pour le cas qui nous occupe ces « fonctions orthogonales » ont l'inconvénient d'être essentiellement variables de population à population et de ne pas représenter de réalités biologiques stables.

On est donc obligé d'envisager sinon tous les ordres possibles du moins ceux que le raisonnement permet de considérer comme les plus intéressants. Les différences entre différents ordres d'introduction sont souvent instructives, nous le verrons plus loin. En premier lieu il est normal de commencer par les caractères les plus faciles à utiliser ; l'évaluation de la valeur relative des caractères résulte d'un compromis entre leur intérêt agronomique, les exigences matérielles que leur emploi suppose et également de l'importance de leur variation génétique par rapport à leur varia-

tion phénotypique dans la population considérée. En ce qui concerne ce dernier point de vue, la méthode des fonctions discriminantes, proposée par MATHER (1950) à des fins différentes, peut être d'une certaine utilité. En transformant les variables en variables réduites par leur écart-type entre groupes, la valeur relative des coefficients des différents caractères dans la fonction obtenue fournit une mesure de leur contribution à la distinction entre groupes, compte tenu de leur variabilité dans les groupes, c'est-à-dire en première approximation de l'importance relative de leur variabilité génétique par rapport à leur variabilité phénotypique, quand les groupes sont constitués par des lignées tirées d'une population ou d'une F_2, donc de leur intérêt pour le sélectionneur dans la population considérée.

Matériel étudié.

Nous avons commencé nos mesures sur la collection de types de la Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles. On y trouve, cultivés depuis 1938, des types de colza très variés provenant soit de populations françaises de pays, soit de populations étrangères. Chaque type y est représenté par une série de lignées autofécondées et dont l'homogénéité génétique est dans la plupart des cas excellente.

Les autres populations que nous avons étudiées sont : une série de lignées autofécondées, tirées de la population *Alsace*, dérivée du colza *Lembke* ; une F_2 issue d'un croisement *Hambourg* × *Alsace* ; et la F_3 du même croisement.

Collection.

Nous avons étudié les lignées de notre collection en 1952 et en 1953. Les tableaux VIII et IX donnent les valeurs des sommes de carrés et de

TABLEAU VIII

Collection. Récolte 1953. *Sommes de carrés et de produits.*

H	Ra	N	D	P	Rt
555	10	94	68	292	107
	299	— 63	— 86	— 233	346
		830	927	— 247	540
			1571	— 481	742
				2 498	173
					2 648
Cœfficients de corrélation					
1,000	.024	.138	.073	.248	.088
	1,000	—.127	—.126	—.270	.389
		1,000	.829	—.172	.364
			1,000	—.243	.364
				1,000	.067
					1,000

$r_{0,05} = 0,255$
$r_{0,01} = 0,331$

produits des variables rapportées à leurs moyennes. Les abréviations sont les suivantes :

H = hauteur,
Ra = nombre de ramifications,
N = nombre de graines par silique,
D = densité,
P = poids de mille graines,
R = Rendement.

Les variables utilisées sont les moyennes de 10 plantes pour chaque lignée.

L'examen des tableaux révèle immédiatement des différences dans leur structure, qui sont encore mieux visibles dans les tableaux de coef-

TABLEAU IX

Collection. Récolte 52-53. *Sommes de carrés et de produits.*

H	Ra	N	D	P	Rt
690	58	— 88	— 292	694	200
	183	— 67	— 98	1	27
		561	853	— 458	206
			1838	—1218	451
				3428	66
					1321

Matrice des coefficients de corrélation

H	Ra	N	D	P	Rt
1,000	.162	—. 141	—. 259	.451	.210
	1,000	—. 209	—. 169	.000	.055
		1,000	. 840	—. 330	.240
			1,000	—. 482	.289
				1,000	.031
					1,000

$r_{0,05} = 0,234$
$r_{0,01} = 0,307$

ficients de corrélation. Les divergences sont sensibles surtout pour les coefficients H-D, Ra-P et Ra-Rt.

Les analyses de variances des régressions multiples obtenues à partir de ces sommes de carrés et de produits sont données par les tableaux X et XI. Les analyses correspondant à différents ordres d'introduction des variables y sont données ; on y reconnaît l'importance de ce facteur dans cette analyse. C'est ainsi que pour la récolte 1952 la somme de carrés due à la régression sur D et N se monte à 497. Mais les deux caractères sont presque équivalents l'un et l'autre, puisque le premier introduit des deux rend compte sensiblement de toute la variabilité, c'est-à-dire apporte presque toute la quantité d'information sur la variation du rendement que peuvent apporter les deux caractères. En 1953, au contraire, la densité fournit une quantité appréciable d'information indépendamment du nombre de graines par silique.

Les conclusions qui se dégagent de ces analyses sont les suivantes : le nombre de graines par silique est un facteur du rendement régulier ; au contraire nombre de ramifications et poids de mille graines n'apportent une quantité d'information appréciable que de manière irrégulière ; la hauteur semble n'avoir qu'une influence réduite ; enfin la densité semble pouvoir fournir elle aussi des renseignements indépendemment du nombre de graines.

TABLEAU X

Analyse de la variance. Collection. Récolte 1952.

Degrés de liberté		Dernier caractère introduit	Somme de carré		Dern. var.	Carrés moyens		F	t^2
Rés.	Rég.		Rés.	Rég.		Rés.	Rég.		
59	0	R	2 648	—	—	—	—	—	—
58	1	H	2 627	21	(21)	45,29	21		< 1
57	2	Ra	2 231	417	396	39,14	208,5	5,32	10,11
56	3	D	1 784	864	447	31,86	288,0	9,04	14,03
55	4	N	1 734	914	50	31,53	228,5	7,25	< 4
54	5	P	1 477	1 171	257	21,68	234,2	10,80	11,84
56	3	N	1 787	861	444	31,91	287,0	8,99	13,91
55	4	D	1 734	914	53	31,53	228,5	7,25	—
54	5	P	1 477	1 171	257	21,68	234,2	10,80	11,84

Si on confronte ces résultats avec ceux qui sont fournis par les corrélations de génération à génération (tableau VII) on est amené à considérer le nombre de graines par silique comme le facteur le plus intéressant, en l'associant à la densité.

TABLEAU XI

Analyse de la variance. Collection. Récolte 1953.

Degrés de liberté		Dernier caractère introduit	Somme de carrés		Dern. var.	Carrés moyens		F	t^2
Rés.	Rég.		Rés.	Règ.		Rés.	Rég.		
69	0	R	1 321	—	—	—	—	—	—
68	1	H	1 263	58	58	18,57	58	—	< 4
67	2	D	1 096	225	167	16,36	112,5	6,88	10,21
66	3	P	1 085	236	11	16,44	78,6	4,78	< 1
66	3	N	1 092	229	4	—	—	—	—
67	2	N	1 166	155	97	17,40	77,5	4,45	5,57
66	3	D	1 092	229	74	16,44	78,6	4,78	4,50

Il est évident que ces conclusions sont limitées à la population particulière que constitue notre collection. Son étendue et sa diversité ne suffisent pas à justifier la généralisation des renseignements qu'elle fournit à l'ensemble de l'espèce. Nous verrons, en particulier en ce qui concerne la hauteur, que d'autres populations peuvent se comporter différemment. Il n'est donc pas impossible de trouver des exceptions à la règle et il se peut

qu'on puisse réaliser des colzas productifs à petites siliques très nombreuses. La tâche de l'amélioration des plantes est d'ailleurs souvent de briser des corrélations quand cela est physiologiquement possible. Mais quand les corrélations existantes sont favorables, il est naturel de les utiliser. C'est le cas ici pour le nombre de graines par silique.

Alsace.

Notre programme d'amélioration prévoyait l'utilisation de la grande variabilité des populations cultivées pour essayer de tirer de celles-ci des lignées pures conservant leurs qualités mais ayant une productivité plus grande. La plupart des auteurs ont reconnu la diversité génétique des populations cultivées. Olsson (1955) s'appuie sur elle pour envisager la possibilité de progrès importants. Divers auteurs allemands l'ont observée, parfois avec surprise et même en lui déniant son caractère génétique comme Lowig et Baumgartner (1940) qui l'ont observée sur la teneur en huile et le poids de mille graines de descendances de plantes individuelles, Troll (1947) l'a étudiée sur la résistance au froid, Stolle (1954) sur un grand nombre de caractères.

Quand on cultive côte à côte des descendances en autofécondation de plantes prises au hasard dans ces populations, on est frappé au premier coup d'œil de l'hétérogénéité entre lignées dès la première génération. Au contraire, les lignées et les familles des générations suivantes sont en général assez homogènes. Cette diversité se retrouve dans les résultats des mesures de tous les facteurs du rendement.

Nous avons étudié en 1952-53 une quarantaine de lignées tirées de la population *Alsace*. Le tableau XII donne les sommes de carrés et de pro-

Tableau XII

Sommes de carrés et de produits. Alsace 52. *Récolte* 1954.

	DL	H	Ra	L	N	D	Rt
	—	—	—	—	—	—	—
Total	266	1996	2215	893	510	860	7945
Entre	31	759	436	1 047	414	94	2187
Dans	235	1237	1779	— 154	96	766	5758
			3981	128	980	746	5282
			1131	475	187	37	1560
			2850	— 347	793	709	3722
				12 277	4930	2412	8043
				5 918	1855	86	3917
				6 359	3075	2326	4126
					4818	4234	6145
					1373	1384	2556
					3445	2850	3589
						5564	7291
						3226	1918
						2338	5373
							65350
							15252
							50098

duits que nous avons trouvés ; il est présenté sous forme d'une analyse de variance et donne pour chaque combinaison de caractères les valeurs des termes « total », « entre lignes » et « dans les lignes ».

Le calcul de la fonction discriminante pour les 5 caractères H, Ra, L, N, D, a été fait d'après la méthode de MATHER (1950) qui consiste essentiellement à rendre maximal le rapport de la variance entre lignes de la combinaison linéaire :

$$X = b_1H + b_2Ra + b_3L + b_4N + b_5D$$

à sa variance dans les lignes. Ce rapport n'est autre que le F de son analyse de variance. En fait on néglige les degrés de liberté dont le rapport est constant et on rend minimal le rapport :

$$\varphi = \frac{\text{variance totale de X}}{\text{variance entre ligne de X}} = \frac{1 + F}{F}$$

aux degrés de liberté près.

La combinaison linéaire obtenue ici, est pour $\varphi = 1{,}425$:

$$X = H + 0{,}98\,Ra - 0{,}40\,L + 0{,}17\,N + 0{,}53\,D.$$

Cette valeur de φ correspond à un F de 17,9 comparé au F le plus élevé des analyses de variance des caractères isolés qui est de 10,24. En utilisant les variables réduites par leur écart-type entre lignes on obtient :

$$X = H - 1{,}19\,Ra - 1{,}11\,L + 0{,}22\,N + 1{,}08\,D.$$

Ce qui conduit à accorder une importance à peu près égale à tous les caractères sauf le nombre de graines par silique dans la discrimination entre lignes. Les analyses de la variance obtenues pour les différents ordres d'introduction des variables sont données par le tableau XIII.

TABLEAU XIII

Analyses de variance. Régressions calculées sur Alsace 52.

	Degrés de liberté		Dernière variable introduite	Sommes de carrés		Dernière variable	Carré moyen		F	t^2
	Résid.	Rég.		Résid.	Rég.		Rés.	Rég.		
	31	0	Rt	15 252	—	—	—	—	—	—
A	30	1	H	8 950	6 302	(6 302)	298,3	6 302	—	21,12···
	29	2	Ra	8 846	6 406	104	305,0	3 203	10,50···	< 1
B	30	1	Ra	13 100	2 152	(2 152)	436,6	2 152	—	4,93·
	29	2	H	8 846	6 406	4 254	305,0	3 203	10,50···	13,95···
C	28	3	N	7 180	8 072	1 666	256,4	2 690,3	10,49···	6,49·
	27	4	D	7 178	8 074	2	265,9	2 018,5	7,59···	≪ 1
D	28	3	D	7 995	7 257	851	285,5	2 419,0	8,58···	2,98
	27	4	N	7 178	8 074	817	265,9	2 010,5	7,59···	3,07
E	30	1	N	10 494	4 758	(4 758)	349,8	4 758	—	13,60···
	28	3	HRa	7 180	8 072	3 314	256,4	2 690,3	10,49···	6,46··· (1)

(1) Cette valeur est un F avec 2 et 28 degrés de liberté et non un t^2.

La première partie de ce tableau utilise l'ordre suggéré par la fonction discriminante (sections A et C), les autres sections correspondent à diverses combinaisons de l'ordre d'introduction.

Il est curieux de constater que si la hauteur est ici un facteur important, le nombre de graines par silique rend toujours compte quelle que soit sa place dans l'ordre d'introduction d'une forte proportion de la variabilité du rendement. C'est d'autant plus intéressant que sa variabilité génétique semble assez faible d'après les résultats du calcul de la fonction discriminante. Cela signifie qu'une faible variation de ce facteur suffit pour provoquer une variation importante du rendement. D'autre part, la stabilité relativement grande de l'information qu'il fournit, malgré les corrélations positives qui le lient aux autres variables prouve bien qu'il apporte cette information de manière indépendante.

L'étude de cette population est à la fois plus intéressante et d'importance plus restreinte. Plus restreinte puisqu'on ne doit extrapoler qu'avec prudence à l'ensemble de l'espèce des observations faites sur une population, et plus intéressante car la parenté des plantes de départ est incontestable et que cette faible diversité génétique même, qui limite la généralisation des résultats, permet de penser que l'image qu'on a obtenue est plus fidèle et représente mieux la population, l'échantillon étudié ayant moins de chances d'être un cas particulier que dans le cas de notre collection.

Il est donc intéressant de retrouver avec la hauteur le nombre de graines par silique comme facteur du rendement, à l'intérieur de la population *Alsace*.

F_2 — Alsace × Hambourg.

L'étude des facteurs du rendement sur cette F_2 a été particulièrement intéressante. En effet, elle était semée sur un terrain hétérogène présentant dans une partie des deux planches qu'elle occupait un net gradient de fertilité, corroboré par les données de plusieurs essais en carré latin situés dans le prolongement de la parcelle. Dans celle-ci, qui a une forme allongée et étroite (330 m × 30 m) on a retrouvé ce gradient sur 5 carrés latins 8 × 8 disposés les uns à la suite des autres sur 150 m, immédiatement au-dessous des planches de pépinières où se trouvait la F_2.

L'analyse de la variance entre lignes et dans les lignes de la F_2 a montré qu'il existait des différences significatives entre lignes. La régression de différents caractères sur la position des lignes est très significative (cf. tableau XIV). Nous avons donc corrigé les données en tenant compte de ce facteur. Il reste cependant une part d'arbitraire dans cette correction. Elle réside dans le choix de la zone soumise à la correction. En effet, le gradient de fertilité n'intéressait qu'une partie de la F_2, à l'extrémité Est des planches, le reste constituant une zone de transition en pallier avec

la zone située à l'extrémité Ouest où le gradient, moins marqué était en sens inverse et intéressait d'autres lignées. Les graphiques indiquent cependant une rupture de pente suffisamment tranchée.

Tableau XIV

Influence du terrain sur les facteurs du rendement.
Analyse de la variance dans les lignes et entre lignes pour 26 lignes de la F_2 Alsace × Hambourg.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme de carrés	Carré moyen	F
Longueur des siliques :				
Total	237	4 260,93		
Entre lignes	25	795,63	31,82	1,946*
Dans les lignes	212	3 465,30	16,35	
Nombre de grains par siliques :				
Total	237	3 274,32		
Entre lignes	25	602,19	24,09	1,912*
Dans les lignes	212	2 672,13	12,60	

Régressions des facteurs du rendement sur la position de la ligne.
Analyses de variance.

	Degrés de liberté	Rendement	Longueur des siliques	Nombre de grains par silique
Total	15	290,79	59,0636	62,7388
Régression	1	220,89	28,9255	43,4469
Reste	14	69,90	30,1381	19,2919
t^2		44,27***	13,44**	31,53***
b		— 0,81	— 0,29	— 0,36

Il est intéressant de noter que les régressions observées sont approximativement parallèles pour tous les facteurs du rendement et pour le rendement lui-même (fig. 2 et 3), sauf pour le nombre de ramifications que nous n'avons d'ailleurs pas corrigé.

Ainsi dans des conditions de climat identiques, la fertilité du sol agit sur les facteurs du rendement dont nous avons vu précédemment qu'ils étaient importants quand leur variation était génétique. L'absence d'influence sur le nombre de ramifications est une indication qui vient étayer ce que nous avons dit à son sujet, c'est-à-dire que ce caractère est surtout fonction de l'espacement à proximité immédiate de la plante. Ceci trouve une confirmation dans la remontée qui s'amorce vers l'Est et qui correspond à un pourcentage de plantes manquantes plus élevé, dû ici encore à la mauvaise qualité de terrain.

Les sommes de carrés et de produits calculées pour les 607 plantes de cette F_2 sont données par le tableau XV. Les analyses de variance des régressions du rendement sur ses facteurs sont données par le tableau XVI.

Nous avons poussé l'investigation de l'influence de l'ordre des variables plus loin que pour les autres analyses. La première remarque qui

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
I. N. R. A.
Station d'Angers
BIBLIOTHÈQUE

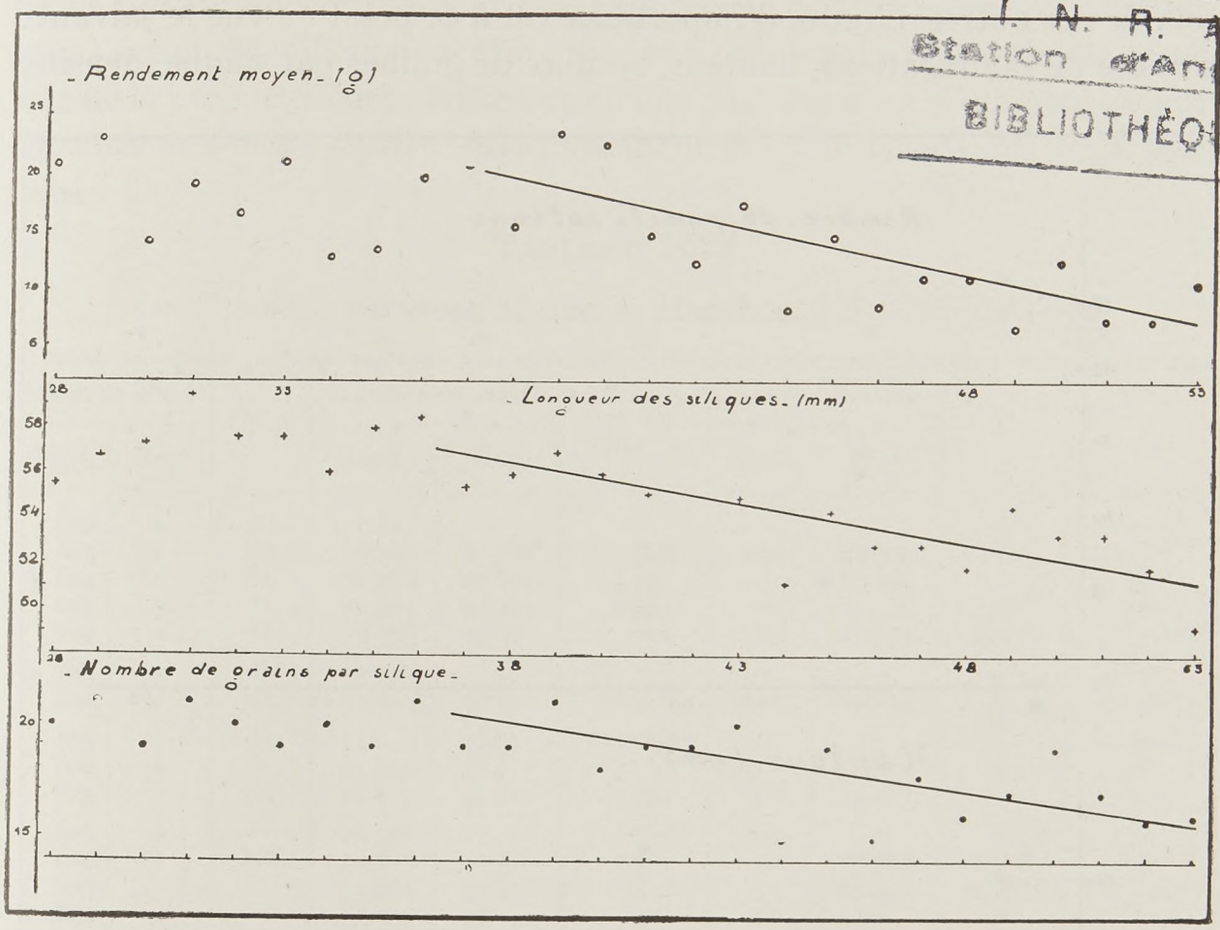


FIG. 2. — F_2 *Alsace* × *Hambourg* 1954. Evolution de la moyenne du rendement, de la longueur des siliques et du nombre de graines par silique des lignes 28 à 53 suivant la position de la ligne.

TABLEAU XV

Alsace × Hambourg F_2. *Récolte* 54. *Sommes de carrés et de produits.*

Rt	H	N	D	Ra
100811	56635	12545	17598	15950
	115498	14437	20665	17061
		7088	9326	1862
			14975	2380
				7063

Coefficients de corrélation

Rt	H	N	D	Ra
1000	525	469	453	594
	1000	505	497	597
		1000	863	262
			1000	231
				1000

$r_{0,001} < 0,3211$
$r_{0,01} < 0,2540$
$r_{0,05} < 0,1946$

s'impose c'est que le grand nombre de degrés de liberté en jeu entraîne une très bonne précision qui donne une signification statistique à presque toutes les régressions calculées. La seconde c'est que la régression sur la

première des variables introduite, quelle qu'elle soit, rend compte d'une très grande partie de la somme de carrés totale en gros de 20 à 35 p. 100, 54 p. 100 de cette somme de carrés étant finalement expliqués par l'ensemble des autres. L'ordre d'importance est à ce point de vue le suivant : nombre de ramifications, hauteur, nombre de graines par silique, densité.

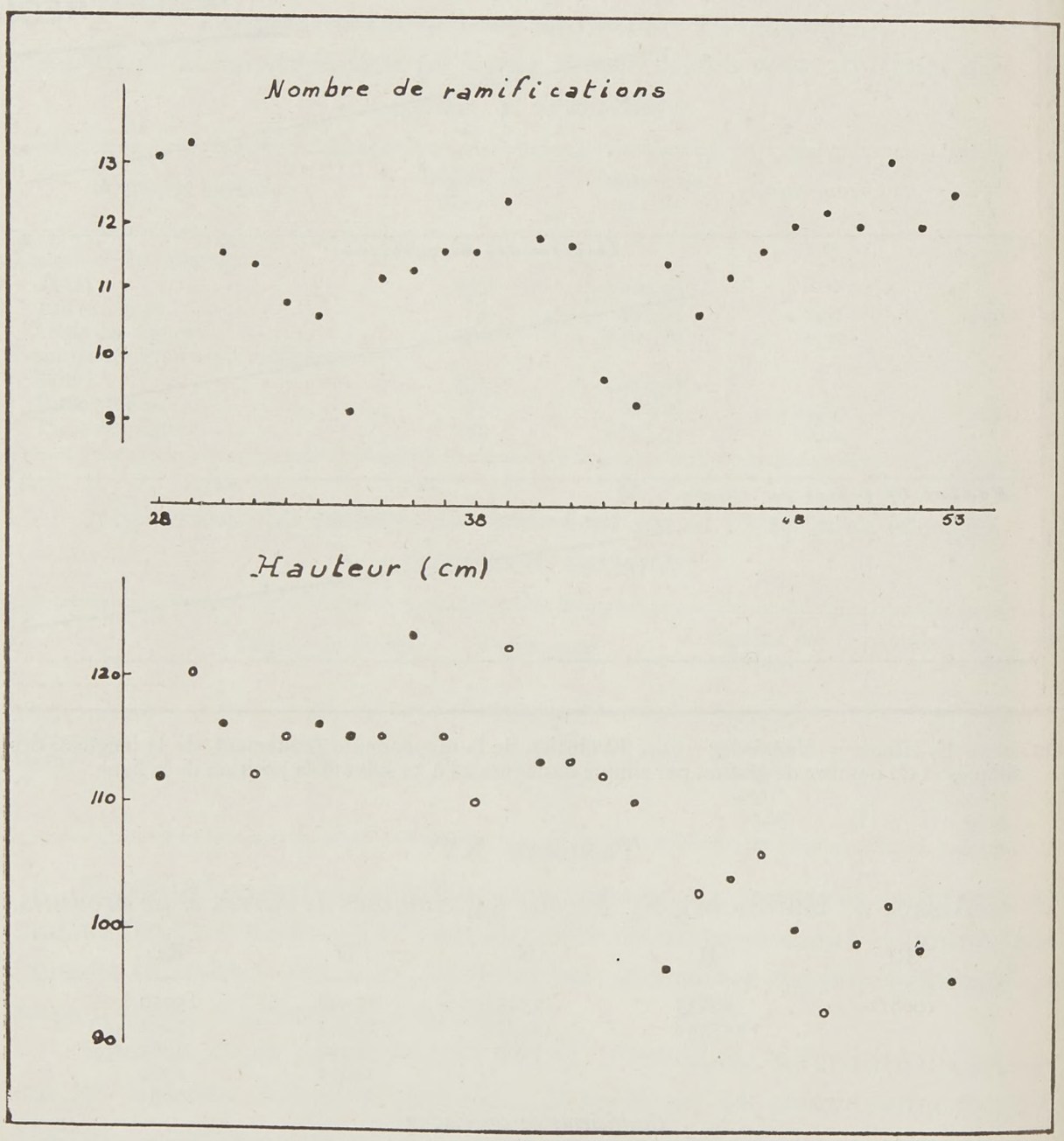


FIG. 3. — F_2 *Alsace* × *Hambourg* 1954. Variation du nombre de ramifications et de la hauteur avec la position de la ligne — lignes 28 à 53.

La troisième remarque, c'est que le nombre de ramifications à quelque stade qu'il soit introduit, tient compte dans tous les cas d'une forte part de la variabilité du rendement. C'est inévitable puisqu'il s'agit ici non plus de données moyennes sur 10 plantes mais des données de plantes individuelles. Dans la variation du nombre de ramifications il y a, nous l'avons vu, une forte part de variation phénotypique. On peut donc conclure que dans la variabilité totale du rendement des plantes de cette F_2 on peut

faire trois parts : une part de variabilité phénotypique largement contenue dans la variation du nombre de ramifications ; une part commune à tous les facteurs étudiés, que traduisent les coefficients de corrélation positifs qu'ils présentent entre eux et qui, rapprochée de leur variation parallèle sous l'action du milieu, peut être mise sur le compte d'une expression générale de la « vigueur » des plantes, enfin une part qui n'est réductible qu'aux facteurs eux-mêmes pris individuellement et qui est celle qui nous intéresse.

TABLEAU XVI

Analyse de la variance Alsace × Hambourg F_2. *Récolte* 1954.

	Degrés de liberté		Ordre	Sommes de carrés		Dernière variable	Carrés moyens		F	t^2
	Résid.	Rég.		Résid.	Rég.		Résid.	Rég.		
	606	0	Rt	100 811	—	—	—	—	—	—
	605	1	Ra	65 242	35 569	(35 569)	108	35 569	—	329···
A	604	2	H	60 710	40 101	4 532	101	20 050	—	45···
	603	3	N	54 411	46 400	6 299	90	15 466	172···	70···
	602	4	D	53 715	47 096	696	89	11 774	132···	7.82···
B	605	1	H	73 038	27 773	(27 773)	—	—	—	229···
	604	2	Ra	60 710	40 101	12 328	101	20 050	—	123···
	605	1	H	73 038	27 773	(27 773)	—	—	—	—
C	604	2	N	67 391	33 420	5 647	111	—	—	—
	603	3	Ra	54 411	46 400	12 980	90	15 466	—	—
	605	1	N	78 608	22 203	(22 203)	130	—	—	171···
	604	2	Ra	54 723	46 088	23 885	90	23 044	256···	265···
D	603	3	D	54 491	46 320	232	90	15 440	172···	< 4
	602	4	H	53 715	47 096	776	89	—	—	8.72···
E	605	1	D	80 131	20 680	(20 680)	132	—	—	157···
	604	2	N	78 167	22 644	1 964	129	11 322	88	15.2···
	605	1	N	78 608	22 203	—	—	—	—	—
F	604	2	D	78 167	22 644	441	129	—	—	3.42
	603	3	Ra	54 491	46 320	23 676	90	—	—	263···
G	605	1	Ra	65 242	35 569	35 569	—	—	—	—
	604	2	N	54 723	46 088	10 519	—	—	—	—
		3 et 4	H et D	53 715	47 096	1 008	—	—	—	—

La densité n'a d'importance que dans la mesure où elle est liée au nombre de graines par silique.

Quant à la hauteur, on constate qu'introduite après le nombre de ramifications, elle laisse une bonne part d'information à apporter au nombre de graines par silique introduit ensuite, alors que celui-ci, introduit le premier, apporte à lui seul presque toute l'information fournie par les deux caractères.

En fait, le nombre de ramifications et le nombre de graines par silique tiennent compte à eux deux de 90 p. 100 de la variabilité expliquée par les quatre caractères.

Il est maintenant intéressant de rapprocher de cette F_2 les données obtenues sur 30 lignes de la F_3 provenant de plantes triées parmi 300 plantes de la F_2 sur la base du nombre de graines par silique et qui cor-

respondent donc à la sélection des meilleurs 10 p. 100 de la F_2 pour ce caractère. Les coefficients de corrélation entre moyennes de lignées sont donnés par le tableau XVII. En tenant compte des réserves qu'il faut faire puisque les observations correspondent à deux années différentes, on ne peut pas ne pas être frappé par la différence entre ce tableau et celui qui concerne la F_2. En premier lieu l'influence du nombre de graines par silique n'apparaît plus. La hauteur a perdu de l'importance. Celle du nombre de ramifications reste importante. Les corrélations entre facteurs du rendement ont totalement changé d'aspect : elles ont diminué quand elles ne sont pas devenues négatives.

TABLEAU XVII

Coefficients de corrélation pour Alsace × Hambourg F_3. *Récolte* 1955.

Rt	H	N	D	Ra
1.00	.37	.08	.19	.31
	1.00	—. 13	.29	—. 26
		1.00	.59	—. 32
			1.00	—. 16
				1.00

$r_{0,05} = 0,36$
$r_{0,01} = 0,39$

La sélection pour l'un des caractères a donc complètement transformé la structure de la population. Elle a eu une grande efficacité puisqu'elle a supprimé dans la variation du rendement la part expliquée par celle de ce caractère. Il est intéressant de constater qu'ici l'importance du nombre de ramifications est restée grande. Cela permettra dans les générations suivantes de trier pour ce caractère, avec d'autant plus d'efficacité que le nombre de plantes par famille pourra être plus grand. En effet on pourra ainsi éliminer mieux l'influence gênante de la variation phénotypique.

Conclusion.

Les données que nous avons étudiées portent sur des populations de colza assez différentes pour qu'elles puissent être considérées comme représentatives de l'ensemble de l'espèce. Nous nous sommes attaché à étudier non pas des populations cultivées en les comparant entre elles, comme l'ont fait la plupart des auteurs dont nous avons cité les travaux mais des populations de lignées. C'est le seul moyen pensons-nous d'obtenir des valeurs comparables pour les caractères étudiés. La variation phénotypique doit être éliminée autant que possible par l'utilisation de moyennes mais il est aussi important d'éliminer la variation génétique dans les groupes dont on compare les moyennes, ou au moins de la rendre identique pour tous ; on y arrive en comparant des lignées au même stade d'inbreeding.

Deux critiques peuvent être faites à notre méthode : d'une part nous

n'avons étudié nos populations que dans le cadre d'une ou deux années ; de l'autre, les données que nous avons recueillies ne portent que sur des plantes cultivées en pépinière, c'est-à-dire à 0,20 m × 0,50 m. Pour éprouver les conclusions de cette étude nous avons commencé l'étude du comportement des facteurs du rendement dans des essais comparatifs de rendement, semés à la densité de peuplement normale. Les données que nous avons obtenues ne permettent malheureusement pas jusqu'ici de mettre en évidence des liaisons significatives. Trois causes peuvent être invoquées pour cela. En premier lieu l'insuffisance numérique des résultats, puis la très grande diversité d'origine des lignées comparées, enfin les conséquences des dégâts du froid l'année où des essais ont été réalisés, qui ont rendu les peuplements très hétérogènes à la fois dans les parcelles et entre les parcelles. Le seul renseignement vraiment significatif est l'existence d'une corrélation élevée entre le rendement de nos prélèvements faits sur un mètre de la première ligne de chaque parcelle soit sur 0,40 m² et le rendement du reste de cette parcelle (tableau XVIII) soit 6,80 m². Ceci montre

Tableau XVIII

Corrélations entre le rendement des parcelles de 6 m² 80 et des prélèvements de 0,40 m² (1 m de ligne) faits dans ces parcelles.

Essai :	
A	0,498···
B	0,477···
C	0,458···
D	0,446···
E	0,307·

qu'il sera possible, en réduisant la surface parcellaire de réaliser des essais avec un plus grand nombre de lignées, tout en conservant la même précision. L'analyse d'un certain nombre de ces essais, répartis dans le temps et dans l'espace permettra alors d'une part d'analyser la variation phénotypique du rendement à l'intérieur d'une lignée, donc de déterminer pour chaque lignée le facteur qui fluctue le moins, c'est-à-dire le facteur principal de sa productivité, et d'autre part, en comparant diverses lignées d'origine voisine (issues par exemple de la même population naturelle ou du même croisement) de contrôler nos observations dans des conditions plus générales.

Malgré ces réserves, nous pensons que la constance avec laquelle nous avons retrouvé le nombre de graines par silique comme facteur du rendement permet d'envisager son utilisation pratique dès les premiers stades de la sélection. Sa faible sensibilité aux facteurs du milieu lui donne en effet une grande valeur de prédiction. Il sera alors plus facile d'estimer le second facteur déterminant, c'est-à-dire le nombre de ramifications, dans des cultures à densité normale. En ce qui concerne la hauteur des plantes,

on est limité par l'impératif d'une récolte facile à la moissonneuse-batteuse. Quant au poids de mille grains, son importance reste à démontrer.

Je tiens à remercier M. J. Morice qui a contribué pour une bonne part à la réunion des données ici présentées et qui m'a apporté une collaboration efficace et amicale avant de me succéder, ainsi que les techniciens et stagiaires qui m'ont aidé dans la partie matérielle de ma tâche.

SUMMARY

Studies on winter rape

This paper presents some results obtained in the course of the breeding work conducted at the Station Centrale d'Amélioration des Plantes in Versailles, on winter rape (*Brassica Napus* L.).

The study of the breeding system corroborates the results of other authors. Their impact on the methods to be used for the improvement of rape are discussed. Inbreeding dangers and the possibility of utilisation of heterosis cannot counterbalance the advantages of the pedigree breeding method.

The rythm of development of the species has been studied and results are presented in a second part. The aim is to investigate the possibility to obtain more or less early types. The necessity to include the culture of rape in the annual cycle of agricultural works in France on one side, and the physiological peculiarities of this species on the other, do not allow much clearance in this direction. The usefulness of early types, the breeding of which proves to be difficult, is not clear.

The third part of the paper deals with a study of morphological characters correlated with yielding capacity, which could be used as criteria for the selection. The often contradictory data from the litterature, on number of silicae (pods) per plant, number of seeds per pod, length of pods, number of seeds per length unit of pod, height and degree of branching of plants, thousand seeds weight, are confronted with data obtained on several different populations at the Station. Practical possibilities of measurement of those characters are discussed. Their heritabilities in the broad sense are estimated. A tentative interpretation of the statistical relationships between the characters in question points out the worth of the number of seeds per pod and in some cases of the height of the plants as criteria of selection.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungen am Raps

Das vorliegende Aufsatz berichtet über einige Ergebnisse die durch das Institut für Pflanzenzüchtung von Versailles, im Rahmen der Winterrapszüchtung (*Brassica Napus* L.) erhalten wurden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über das Erzeugungssystem bestätigen die Resultate anderer Autoren. Die Einwirkung dieses Systemes auf die, beim Raps anzuwendenden Züchtungsmethoden, werden besprochen. Die Gefahr Inzuchterscheinungen hervorzurufen und die Möglichkeit der Heterosiszüchtung schalten die genealogische Methode, welche sehr grosse Vorteile bietet, nicht aus.

Um die Möglichkeiten der Züchtung von mehr oder weniger frühreifen Sorten zu erproben, wird der Vegetationsrythmus der Art in einem zweiten Teile untersucht. Sie werden sehr durch die Bedürfnisse des Rapsenbaues und die physiologischen Eigenschaften der Pflanze, beschränkt. Die Nützlichkeit von frühreifen schwierig zu erhaltenden Sorten, ist bestreitbar.

Im dritten Teile werden für die Züchtung brauchbare und an den Ertrag gebundene Merkmale, untersucht. Die, in der Litteratur sehr widersprechende Ergebnisse über Ertrag und Anzahl der Schoten pro Pflanze, Anzahl der Samenkörner pro Schote, Länge der Schote, Höhe und Anzahl der Verzweigungen der Pflanzen, Tausendkörngewicht, werden mit den Ergebnissen über den Ertrag von verschiedenen Populationen des Institutes verglichen. Die Vererbungsweise und die praktische Messungstechnik dieser Merkmale wird erforscht.

Ein Versuch ihre statistische Verbindungen zu Klären zeigt dass die Zahl der Körner pro Schote und, in gewissen Fällen, die Höhe der Pflanze gute Merkmale für die Züchtung sind.

РЕЗЮМЕ

Изучение «Brassica Napus L.»

М. РИВ (Станция Селекции Растений Версаль).

Настоящая работа дает несколько результатов в програме работ по улучшению зимней «Brassica Napus L.», произведенных в Станции Мелиорации Растений в Версале.

Результаты изучения системы репродукции позволили подтвердить результаты других авторов. Их приложение к методам селекции для мелиорации «Brassica» еще осуждаются. Опасность феноменов инцухта (inbreeding) и возможности использования гетерозиса, не позволяют отстранить метод генеалогической селекции, которая представляет, с другой стороны, большие преимущества.

Ритм развития этого вида изучен, во второй части, в виду уточнения возможностей получения типов, более или менее, ранних.

Пределы, наложенные необходимостью введения культуры «Brassica Napus L.» в цикл сельско-хозяйственных работ во Франции, с одной стороны, и физиологические особенности этого растения, с другой стороны, сильно ограничавают эти возможности.

Польза селекции ранних продуктивных типов, задача весьма трудная, является также спорной.

Третья часть работы посвященна изучению морфологических характеров, связанных с продуктивностью, способных быть использованными для селекции.

Литературные данные, часто противоречивые, были сопоставленны с результатами полученными на Станции на различных популяциях, а именно : число стручков на растение, длинна стручков, число зерен в стручке, число зерен на единицу длинны стручка, рост и число разветвлений, вес тысячи зерен. Были разсмотренны практические возможности этих характеров. Была изученна наследственность их передачи. Опыт интерпретации их статистических связей освещает интерес числа зерен на стручке, а так-же, в некоторых случаях, высоту растений, как критерий селекции.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARTLETT (M. S.). — Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied biology. *J. Roy. Statist. Soc.*, suppl. 4, 137-183, 1937.

BATEMAN (A. J.). — The taxonomic discrimination of bees. *Heredity*, **5**, 271-278, 1951.

BATEMAN (A. J.). — Self-incompatibility systems in Angiosperms. III. Cruciferae. *Heredity*, **9**, 53-68, 1955.

BAUR (R.). — Raps und Rübsen in ROEMER et RUDORF *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, VI, 176-242, 1943.

BUSTARRET (J.), JONARD (P.) et D'HUBERT (L.). — Données biologiques et culturales relatives aux Oléagineux de la moitié nord de la France. *B. T. I.*, 28-29, 167-179, 1948.

DARLINGTON (D. C.) et MATHER (K.). — The elements of genetics. Allen and Unwin, London, 1950.

FRANDSEN (K. J.). — The experimental formation of *Brassica Juncea* Czern et Coss. *Dansk Bot. Ark., 11*, **4**, 1-17, 1943.

HAINE (K. E.). — Vegetative propagation from the Broccoli curd after suppression of flowering. *Nature*, **168**, 919-920, 1951.

HARLE (H.). — Untersuchungen über die Bedingungen des Blüten — und Fruchtansatzes bei Raps und Rübsen. *Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land. v. Forstwirtsch.*, 65-77, 1941.

HOWARD (H. W.). — Self-incompatibility in polyploid forms of *Brassica* and *Raphanus*. *Nature*, **149**, 302-303, 1942.

JINKS (J. L.) et MATHER (K.). — Stability in development of heterozygotes and homozygotes. *Proc. Roy. Soc. B.*, **143**, 561-570, 1955.

LERNER (I. M.). — Genetic homeostasis, Oliver and Boyd, London, 1954.

LOWIG (E.) et BAUMGARTNER (O.). — Untersuchungen über der Ölgehalt von Rapssamenherkünften. *Der Forschungsdienst*, **9**, 496-502, 1940.

MATHER (K.). — Biometrical genetics, *Methuen and Co.*, London, 1949.

NICOLAISEN (W.). — Züchtung von Raps. *Z. für Pflanzenzücht.*, **25**, 362-379, 1943.

NORTH (C.). — Three methods for vegetative propagation of *Brassica oleracea*, *J. Roy. Hort. Sci.*, **78**, 106-111, 1953.

OLSSON (G.). — Undersökning av självfertiliteten hos artificiell raps. *Kungl. Landbruksakad.*, **92**, 349-401, 1953.

OLSSON (G.). — Undersökning av graden av korsbefruktning hos vitsenap och raps. *Sver. Utsädesför.*, **62**, 311-322, 1952.

OLSSON (G.). — Crosses between *Brassica Napus L.* and Japanese *Brassica Napella*. *Hereditas*, **40**, 249-251, 1954.

OLSSON (G.). — Några actuella problem i samband med oljeväxternas förädling. *Sver. Utsädesför.*, **65**, 323-332, 1955.

OLSSON (G.). — Vindpollinering hos korsblomstriga oljeväxter. *Sver. Utsädesför.*, **65**, 418-422, 1955.

OLSSON (G.), JOSEFSSON (A.), HAGBERG (A.), et ELLERSTRÖM (S.). — Synthesis of the ssp *rapifera* of *Brassica napus*. *Hereditas*, **41**, 241-249, 1955.

PEARSON (O. H.). — Breeding plants of the cabbage group. *Univ. of California, Agric. Exp. Sta. bull.*, 532, 1932.

PICARD (J.). — Recherches sur la féverole. *Ann. Amél. Plantes*, **1**, 57-106, 1953.

RUDORF (W.) et STELZNER (G.). — Die Abhängigkeit des Entwicklungsablauf bei Raps und Rübsen von Tageslänge und Temperatur. *Pflanzenbau*, **14**, 1-16, 1937.

RÜMKER (K. V.) et LEIDNER (R.). — Experimentelles über die Befrüchtung des Rapses. *Z. für Pflanzenzücht.*, **1**, 323-327, 1913.

SCHRIMPF (D.). — Untersuchungen über den Blüten-und Schotenansatz bei Raps, Rübsen und Senf. *Z. Acker. Pflanzenbau*, **97**, 305-336, 1954.
SMITH (L.). — Cytology and genetics of barley. *Bot. Rev.*, **17**, 2-335, 1951.
STOCKES (P.) et VERKERK (K.). — Flower formation in Brussels sprout. *Meded. Landbouwhogesch. Wageningen*, **50**, 141-160, 1951.
STOLLE (G.). — Ein Beitrag zur Ertragszüchtung beim Winterraps. *Züchter*, **24**, 202-215, 1954.
SUN (V. G.). — Effects of self pollination in rape. *J. Amer. Soc. Agron.*, **29**, 555-567, 1937 et **30**, 760-762, 1938.
SUNESON (C. A.). — Male sterile facilited synthetic hybrid barley. *Agron. J.*, **43**, 234-236, 1951.
SYLVÉN (N.). — Om själv- och korsbefrukting hos rapsen. *Sver. Utsädesför.*, **6**, 225-244, 1920.
TROLL (H. J.). — Beobachtungen über die Winterfestigkeit und deren Vererbung an verschiedenen Rapsformen und ihren Bastarden. *Züchter*, 17-18, 439-447, 1947.
WAGNER (M.). — Inzucht und Heterosis bei Raps und Rübsen. *Z. für. Pflanzenzücht.*, **33**, 237-266, 1954.
WOLF (B.). — Computation and interpretation of multiple regressions. *J. Roy. Statist. Soc.* **13**, 100-119, 1951.

LES GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE LIN

PAR

F. PLONKA

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Les lins méditerranéens.**
- 1° Lins déhiscents.
- 2° Lins à graines grosses et moyennes.
- 3° Lins d'hiver.
- Valeur des lins méditerranéens en tant que matériel de sélection pour la culture du lin oléagineux en France.

II. — **Les lins eurasiatiques.**
- 1° Lins à fibre.
  Sélection du lin à fibre en Europe.
- 2° Lins mixtes.
- 3° Lins oléagineux.

III. — **Les lins Indo-Abyssiniens.**

IV. — **Les lins introduits en Amérique.**
- 1° Lins Nord-américains.
- 2° Lins de l'Argentine et de l'Uruguay.

V. — **Conclusion.**

LES GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE LIN

Le lin a été cultivé de tout temps en Asie, en Éthiopie, en Afrique septentrionale et en Europe. L'espèce *Linum usitatissimum* n'existait pas en Amérique : elle y a été introduite avec les premiers colons européens. On trouve le lin à l'état spontané dans le Bassin méditerranéen sous sa forme sauvage *Linum angustifolium*. Les formes cultivées peuvent se trouver à l'état subspontané partout où le climat, suffisamment doux, leur permet de passer l'hiver. Les graines du lin cultivé germent en effet aussitôt que les conditions requises pour la germination sont réalisées. Par contre, les graines du lin sauvage, de même que celles des plantes adventices, ne germent pas toutes dès leur dissémination. Lorsque les plantes issues des graines ayant germé à l'automne sont détruites par les

froids de l'hiver, celles qui proviennent des germinations de printemps assurent la continuité de l'espèce.

Les différentes variétés cultivées se répartissent en groupes géographiques à type botanique assez bien caractérisé. Les lins oléagineux à graines les plus grosses (11 à 14 g au 1 000) sont localisés au Maroc. Les lins marocains forment un ensemble bien défini et facilement reconnaissable à leur port érigé et leurs grosses fleurs bleues bien ouvertes. Les Pays Baltes sont le centre d'origine des lins textiles cultivés en Europe. L'Éthiopie fournit un type de lin court, bien ramifié, à petites graines souvent jaunes. Les lins de la Péninsule balkanique sont à tendance mixte, à bonne productivité en graines mais ils sont sensibles, dans nos régions, au *Polyspora lini*.

Ce sont les travaux de A. de CANDOLLE dans sa *Géographie botanique raisonnée* parue en 1883 (7) qui, les premiers, ont montré la répartition en groupes géographiques bien caractérisés des variétés cultivées. N. I. VAVILOV (15) entreprit vers 1920-1925 une prospection dans les différents pays de culture (Asie, Europe, Afrique). Il rassembla plus de 1 400 échantillons de lin par correspondance et au moyen d'expéditions spéciales et les étudia en semis comparatifs dans différentes régions de Russie. WULFF et ELLADI, dans leur *Flore des plantes cultivées* parue à Moscou en 1940 apportèrent de nouvelles précisions sur les caractères des différents groupes de *L. usitatissimum L.* R. CIFERRI (8) dans sa *Systématique du genre Linum* parue à Bologne en 1949 reprend les données de WULFF et ELLADI en les complétant par des observations personnelles sur certains groupes de lin et en particulier sur les lins abyssiniens.

A l'aide des données bibliographiques et de l'étude de la collection de lin de Versailles comprenant près de 700 variétés, une vue d'ensemble synthétique de la diversité de l'espèce *L. usitatissimum L.* est tentée ici.

On peut distinguer trois groupes fondamentaux dans les pays où le lin est cultivé depuis l'antiquité :

1° Les lins méditerranéens.

2° Le groupe eurasiatique.

3° Les lins indo-abyssiniens.

Les lins cultivés en Amérique ont été introduits sur ce continent principalement durant le XIXe siècle. Ceux des États-Unis et du Canada proviennent surtout des lins mixtes issus du Bassin de la Volga et des lins à fibre baltes. Les lins de l'Argentine et de l'Uruguay sont originaires des lins méditerranéens.

I. — LES LINS MÉDITERRANÉENS

Ils constituent plusieurs types bien distincts. La Méditerranée est un centre de dispersion des lins courts à grosses graines, des lins d'hiver à graines moyennes ou petites, et du lin sauvage à très petites graines et à capsules déhiscentes (fig. 1 et 2). Alors que les lins à grosses graines

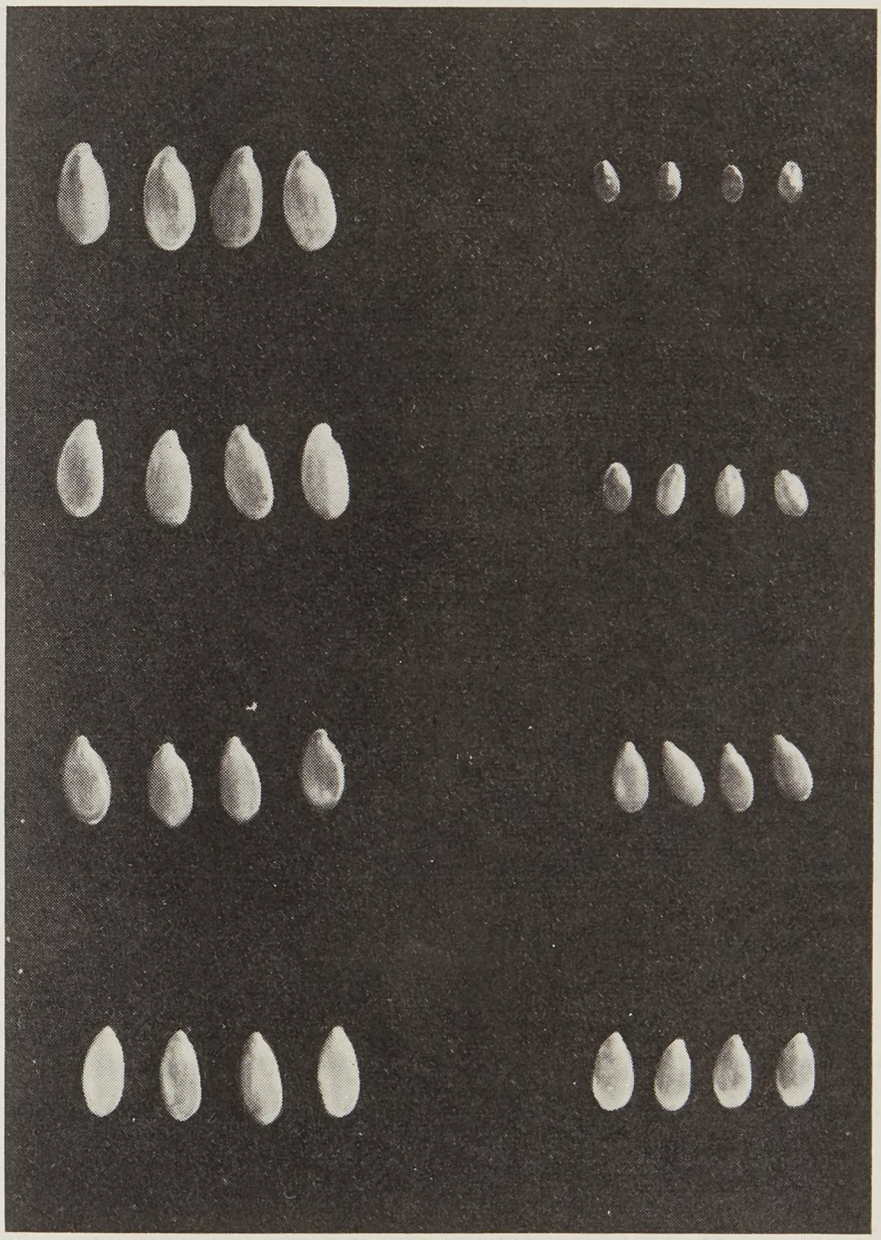


FIG. 1. — Gamme des grosseurs de graines rencontrées chez *Linum usitatissimum* L.
Par ordre décroissant :
1. *Lin du Maroc.* — 2. *Pervenche* (sélectionnée dans la population *Malabrigo* d'Argentine). — 3. *Pastel* (sélectionnée dans un lin roumain). — 4. *Valuta* (sélectionnée dans le lin roumain *Studina.* — 5. *Royal* (variété nord-américaine sélectionnée dans des lins du sud de l'Ukraine). — 6. *Ile de France* (lin textile issu du croisement *Concurrent* × *Blenda*). — 7. Une lignée de l'hybride *Linum angustifolium* (Nantes) × *Liral Duke* (lin textile). — 8. *Linum angustifolium* (Nantes).

occupent la partie occidentale du Bassin Méditerranéen, avec le Maroc comme centre, les lins d'hiver se rencontrent dans la partie orientale et septentrionale, c'est-à-dire l'Anatolie et la Péninsule balkanique; ils y coexistent avec un type de printemps à tendance mixte et à

graines de grosseur moyenne. Dans la partie Sud-Est du bassin, on cultive un lin appartenant par ses caractères morphologiques à l'ensemble indo-abyssinien. L'aire de répartition du lin sauvage, *L. angustifolium*, est plus vaste : elle s'étend des îles Canaries au Caucase. *L. crepitans* à capsules déhiscentes est un type intermédiaire entre le lin sauvage et le lin cultivé.

FIG. 2. — *Déhiscence des capsules.* — En haut, *Linum angustifolium* (lin sauvage) : capsules bien déhiscentes. — En bas, lin textile : capsules semi-déhiscentes.

Le plus souvent les lins méditerranéens sont courts et du type oléagineux ; certains d'entre eux peuvent être classés parmi les lins mixtes à tige courte (Péninsule balkanique, Anatolie). La grosseur des graines est variable et les cloisons des capsules sont presque toujours ciliées.

Généralement, l'espèce est à fleurs bleues et à graines brun-rouge mais certains groupes (Oasis de Khiva en Asie, l'Abyssinie, etc.) ont une forte proportion (50 %) de fleurs blanches ou de graines jaunes correspondant à un mutant particulier. Dans le groupe Méditerranéen, on rencontre le mutant n^k qui rend la base des pétales et les filets d'étamine blanc (voir tableau I). En Anatolie, on signale la présence de fleurs bleu très pâle, portant probablement le mutant p^e, de même que des fleurs à pétales violets (mutant n^l) ainsi que des fleurs bleues à anthères oranges dues à l'action de a^h (17). Ce dernier mutant se rencontre aussi en Palestine (8).

Tableau I

Liste des gènes intervenant dans la coloration des fleurs et des graines.

La première lettre, indiquant l'organe, le pigment affecté, est en majuscule lorsque le symbole représente l'allèle dominant. La lettre en indice qui est l'ancienne terminologie dans le cas où le mutant a déjà été étudié ou, s'il est nouveau, l'initiale de la couleur affectée se met en majuscule lorsqu'il y a dominance pour la suppression de la coloration. Seuls L^R et n^C sont dans ce cas.

I. — Gènes agissant sur la pigmentation générale de la plante

p^{b1} : (*p pour* « pigmentation », b^1, terminologie de T. Tammes).
Supprime à l'état homozygote (récessivité) toute pigmentation anthocyanique dans la plante. Les fleurs sont entièrement blanches à l'exception des anthères et des grains de pollen qui conservent leur couleur de fond jaune-orange. L'assise cellulaire rouge des téguments de la graine est supprimée et celle-ci a un aspect jaune-verdâtre. Les pétales sont rétrécis, frisés ; ils ont tendance à s'enrouler dans le sens radial. La pointe des sépales et des feuilles ainsi que les tiges ne présentent plus de coloration anthocyanique violette. p^{b1} cause une stérilité partielle des capsules. Centre de dispersion : fort probablement le Turkestan Oriental (Kashgar).

p^{b2} : (*p* pour « pigmentation », b2, terminologie de T. Tammes).
Dilue fortement la pigmentation anthocyanique de la plante. Écloses. les fleurs sont blanches, mais la corolle en bouton conserve une teinte bleu-pâle. L'assise cellulaire rouge des téguments de la graine n'est pas supprimée et celle-ci reste brun-rouge. Les anthères et les grains de pollen prennent une teine grise ou jaune-sale due à la superposition du pigment bleu en faible concentration sur la couleur de fond jaune-orange des anthères et des grains de pollen. La déformation des pétales est moins accentuée qu'avec p^{b1} : ils sont moins rétrécis, moins frisés et ont une tendance moins forte à l'enroulement. Se rencontre assez fréquemment chez les lins argentins. A été étudié par Shaw et al. sur les lins indiens (14).

p^e : (*p* pour « pigmentation », *e*, terminologie de T. T.).
Dilue la pigmentation anthocyanique générale de la plante mais moins fortement que p^{b2}. Écloses, les fleurs sont bleu très pâle. Les graines sont brun-rouge. Les anthères et les grains de pollen prennent une teinte gris-verdâtre (le pigment bleu est en concentration moins faible qu'avec p^{b1}). Les pétales ne sont plus déformés. Signalé en Anatolie (8,17).

II. — Gènes agissant sur les nervures des pétales et les organes homologues (filets d'étamines et styles)

n^C : (*n* pour « nervures », C, terminologie de T. T.).
Le symbole prend un C majuscule pour indiquer qu'il y a dominance pour la suppression de la pigmentation dans les styles, les filets d'étamine et les nervures des pétales. Comme le limbe du pétale reste bleu, ou d'un bleu légèrement atténué, le *n* est néanmoins écrit en minuscule pour indiquer le caractère particulier du mutant. Un génotype n^Cn^C aura des pétales blancs mais les anthères et les grains de pollen restent bleus. La couleur des graines n'est pas affectée. Par temps chaud, certaines variétés n^Cn^C comme *Wiera* ou *Concurrent* exhibent une teinte bleu très pâle dans la corolle en bouton : même deux doses du mutant n^C ne suffisent pas à supprimer entièrement la pigmentation du limbe. Ce mutant se rencontre exclusivement chez les lins à fibre d'origine baltique (les cas d'hybridation étant mis à part).

n^f : (*n* pour « nervures », *f*, terminologie de T. T.).
Modifie la couleur bleue des nervures des pétales en couleur garance. Son action s'étend aux filets d'étamine qui deviennent violets et au limbe qui se teinte en rose. Il est récessif par rapport à N^f qui donne des nervures bleues. Se rencontre en Anatolie, aux Indes (8, 14, 17).

III. — Gènes à action limitée au limbe des pétales

l^m : (*l* pour « limbe », *m*, pour la couleur « mauve »).
Supprime la teinte mauve du limbe. Rencontré chez une variété marocaine : *Safi V2*.

dl^m : (*d* pour « dilution »).
Dilue la teinte mauve du limbe.

L^R : (*L* pour « limbe », *R* pour « rose »).
Dominant pour la suppression de la teinte rose propre au limbe. Est sans action sur la teinte rose provenant de la diffusion des nervures garances.

dl^a : (*d* pour « dilution », *l* pour « limbe », *a*, terminologie de T. T.).
Dilue la pigmentation bleue du limbe. Commun en Argentine.

IV. — Gènes agissant sur la couleur des anthères des grains de pollen et les organes homologues

a^d : (*a* pour « anthères », *d*, terminologie de T. T.).
Supprime la couleur bleue des anthères et des grains de pollen. Son action s'étend :
1° Sur le limbe du pétale où il supprime la pigmentation bleue sans toucher à la pigmentation mauve ou rose des gènes L^m, L^R et n^f.

2° Sur les papilles des stigmates où il supprime la pigmentation bleue sans toucher à la pigmentation rose.

3° A la couche monocellulaire rouge des téguments de la graine qu'il atrophie. Il dilue la pigmentation bleue des nervures et des filets d'étamine.

Assez commun dans la région de Korezme et aux Indes (8, 14, 15).

a^h : (*a* pour « anthères », *h*, terminologie de T. T.).

Son action est limitée aux anthères et aux grains de pollen où il supprime la pigmentation bleue démasquant la couleur de fond jaune-orange. Signalé en Anatolie, aux Indes (8, 14, 17).

V. — Gène à action limitée aux filets d'étamine, aux styles ou aux stigmates

f^k : (*f* pour « filet » d'étamine, *k* terminologie de T. T.).

Supprime la pigmentation dans les filets d'étamine. Son action déborde légèrement sur les nervures et les styles dont la pigmentation est atténuée. Assez commun chez les lins marocains.

f^b : (*f* pour « filet », *b* pour « bleu »).

Supprime la pigmentation dans les filets d'étamine.

s^b : (*s* pour « style », *b* pour « bleu »).

Supprime la couleur bleue dans les styles.

VI. — Gène à action limitée aux téguments de la graine

r^m : (*r* pour assise « monocellulaire » rouge, *m* terminologie de T. T.).

A pour action d'atrophier l'assise monocellulaire rouge. Il semble que son action déborde sur la couche gris-verdâtre dont il dilue la pigmentation. Est typique des lins d'Abyssinie. Se rencontre aussi dans la vallée du Gange (8, 14).

Trois types principaux se rencontrent dans le Bassin Méditerranéen :

— les lins déhiscents,

— les lins à graines grosses et moyennes,

— les lins d'hiver.

1° Lins déhiscents

Il existe deux sortes de lins déhiscents : le lin sauvage (*L. angustifolium*) et *L. crepitans* tous deux considérés par les généticiens et les sélectionneurs comme appartenant à l'espèce *L. usitatissimum L.* Le premier n'offre aucun intérêt agronomique, le second a été cultivé (8) mais la dissémination de ses graines l'a fait abandonner.

a) **Lin sauvage.** — Il est à graines très petites (1 à 2 g aux 1 000) et les septa des capsules sont ciliés (fig. 1 et 2). Selon Ciferri (8) il existe deux types de lin sauvage : l'un ressemblant aux lins d'hiver cultivés par son port rampant en début de végétation, ses nombreuses ramifications basales et sa tardivité à la floraison en semis de printemps ; l'autre, dressé, moins ramifié, précoce. Ce dernier type beaucoup moins répandu ne se rencontre qu'en Afrique septentrionale. La résistance au froid du type rampant et ramifié ne semble pas excéder 7 à 8° au-dessous de 0. Un échantillon, reçu du Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes semé à Versailles en septembre 1952, n'a pas passé l'hiver, relativement doux alors que chez la variété textile *Concurrent*, typiquement de printemps, une certaine proportion de plantes ont pu, dans les mêmes conditions, subsister.

La déhiscence des capsules est sans doute régie par un système

polygénique. Les croisements entre lin à fibre et lin sauvage donnant des descendances à capsules déhiscentes, le caractère dehiscent est dominant. Sur plusieurs milliers de plantes F_2 et F_3 examinées, aucune n'avait des capsules aussi peu déhiscentes que celles du parent cultivé. (Les lins à fibre sont à capsules dites semi-déhiscentes mais les carpelles s'écartent insuffisamment pour laisser s'échapper les graines) (fig. 2).

L'aire d'extension du lin sauvage va des îles Canaries et de l'Archipel de Madère jusqu'au Caucase. En France, il remonte la côte atlantique et on le retrouve jusqu'en Angleterre du Sud.

b) **L. Crepitans.** — Les capsules sont déhiscentes comme chez le lin sauvage et les septa peuvent être glabres ou ciliés. Ses graines quoique un peu plus grosses (4 à 6 g aux 1 000) ressemblent à celles du lin sauvage par leur forme arrondie et l'échancrure peu marquée sous le bec. Les plantes sont le plus souvent à une seule tige et donnent une fibre médiocre mais elles ne sont guère plus hautes que le lin sauvage (70 cm environ). Cette forme n'est plus cultivée. Au XVIIIe siècle (19), on cultivait en France deux types de lin, l'un le *lin tétard*, correspondant au *L. crepitans*, était indigène, l'autre, *le grand lin*, indéhiscent, correspondant au lin à fibre, provenait des Pays Baltes d'où l'on faisait venir périodiquement de la semence. Le *lin tétard* était déhiscent, court, sensible à la verse et très précoce, semé au mois de mars, il se récoltait au mois de juin « sur le vert » afin de ne pas perdre trop de graines.

2° Lins à graines grosses et moyennes

Les lins à grosses graines se cultivent surtout dans la partie occidentale du Bassin méditerranéen avec le Maroc comme centre. Les lins à graines moyennes et à tendance mixte se trouvent dans la Péninsule balkanique et l'Anatolie où ils coexistent avec les lins d'hiver. Le poids de mille grains atteint 15 g pour les lins marocains ; il baisse jusqu'à 7 à 9 g pour les lins cultivés à l'est du Bassin (fig. 1).

Lins a grosses graines du type marocain.

Les lins à grosses graines de l'Afrique du Nord ont une floraison précoce mais les plantes arrivent à maturité assez tard. La floraison débute un peu avant, ou en même temps que celle des lins textiles mais les graines mûrissent deux à trois semaines plus tard.

Les plantes sont courtes, à tige unique, robuste, peu ramifiée, aux grandes fleurs bien ouvertes et étalées et aux septa des capsules toujours ciliés. On constate une stérilité partielle en corrélation avec la grosseur des graines : elles ne contiennent que 5 à 7 graines au lieu de 9 à 10. La lignée *L. G.* 01, originaire du Maroc, a des graines un peu moins grosses :

10 à 11 g au lieu de 13 à 14 mais ses capsules sont mieux remplies ce qui lui vaut un rendement en graines à l'hectare légèrement supérieur (tableaux II et III).

TABLEAU II

Corrélation entre la grosseur des graines et la fertilité des capsules

Origines et variétés	Poids de 1 000 graines		Rapport × 100 gr/(caps. + gr.)	
	1948	1952	1948	1952
	g			
Maroc :				
Maroc	13,8	10,5	57	57
Safi lignée 4	13,2	10,4	58	57
R 8	13,2	10,1	56	57
L. G. 0,1	10,6	8,8	60	63
Argentine :				
Pervenche	10,3	8,3	67	69
Bulgarie :				
Pastel	—	7,5	—	71
Valuta	7,3	7,0	67	70

Le rapport du poids des graines nettoyées au poids des graines avec leurs débris de capsules donne une mesure de la fertilité des capsules. Plus le rapport est élevé et plus il y a de graines dans les capsules. Un rapport de 70 indique un nombre de 9 à 10 graines par capsule. Les lins marocains qui pèsent 13 à 14 g pour 1948 n'ont que 6 à 7 graines par capsule ; le rapport graines /(graines + capsules) × 100 est de 57.

TABLEAU III

Essai de lins à graines 1948

Variétés	Origine	Rendement graines qu/ha	Graines gr. + caps.	Jours de végétation
L. G. 0,1	Maroc	16,8	60	115
Maroc	Maroc	16,0	57	115
Valuta	Roumanie	15,8	67	115
R. 8	Maroc	15,0	56	115
Saginaw	U. S. A.	14,4	69	103
R. 17	Maroc	14,1	55	115
Concurrent	Lin à fibre Hollandais	12,1	71	103
Redwing	U. S. A.	12,0	70	96

Analyse statistique du rendement en graines (4 répétitions).
Coefficient de variation : 7,4 p. 100
Différence significative : 1,8 qu.

La richesse en huile des types marocains n'excède pas 41 à 42 p. 100 alors que les variétés indiennes à graines jaunes peuvent atteindre 45 p. 100.

Les lins à graines de l'ouest du Bassin méditerranéen sont sensibles au pasmo, maladie causée par *Septoria lini*. Le champignon est capable de pénétrer dans la graine et se propage donc facilement d'une année à

l'autre. Il se développe sur les feuilles, les tiges et les capsules en fin de végétation. Les attaques sont sérieuses en années relativement chaudes et humides. Les plantes se déssèchent prématurément, les graines échaudent et le rendement est diminué (fig. 3).

FIG. 3. — Pasmo (*Septoria lini*) sur le Lin du Maroc (1950). — Deux plantes saines à côté de deux plantes malades.

On a souvent signalé la sensibilité à la rouille des lins de ce groupe. Des cultures de lins marocains faites en Tunisie en 1949 et 1950 ont été dévastées par de fortes attaques de rouille (16).

LINS DE PRINTEMPS DE LA PÉNINSULE BALKANIQUE.

Les graines sont moins grosses et ne pèsent que 7 à 9 g pour 1 000 graines. Les plantes sont plus ramifiées et la tige est souvent légèrement plus longue. Les variétés de ce groupe sont susceptibles de donner de

bons rendements en sol riche, meilleurs que ceux des types marocains. En outre, les graines sont plus riches en huile (teneur : 43 à 44 p. 100). Leur défaut est la sensibilité au *Polyspora lini* lorsqu'elles sont cultivées dans la région parisienne. Les variétés *Bulgare à huile, Valachie, Karnobat* 1 600 subissent parfois dans nos régions des attaques tellement fortes que les parcelles versent entièrement par rupture de la tige à la base au moment de la floraison (fig. 4).

FIG. 4. — *Polyspora lini* avec cassure des tiges à la base sur un lin bulgare : *Karnobat* 1600.

LINS DE PRINTEMPS DE L'ANATOLIE.

Leur poids de mille graines, supérieur à celui des lins d'hiver du même pays est de 6 à 8 g. Alors que l'on ne trouve pas de septa glabres chez les lins marocains, en Anatolie, il y a une certaine proportion de plantes à septa glabres.

Selon ELLADI (17), trois types de lin peuvent être distingués en Anatolie :

1° Un type précoce, court (30 à 35 cm) à une seule tige peu ramifiée et à capsules peu nombreuses. Ce type est cultivé en Anatolie occidentale, dans la région de Manissa à une altitude de 600 à 700 m.

2° Un type à maturation moyenne, un peu plus haut (45 cm) et à ramifications plus développées. Il est cultivé dans toute la Turquie et déborde sur la Syrie vers le Sud et vers le Nord-Est sur le Caucase.

3° Un type tardif, touffu, assez élevé (45 à 55 cm) cultivé dans la

partie orientale de l'Anatolie dans les régions de Kayseri et de Kastomonu. Ce dernier type ressemble aux lins d'hiver alternatifs.

La richesse en huile des lins de printemps d'Anatolie peut atteindre 43 p. 100. D'après des essais soviétiques (8) ils réussissent très bien en Asie centrale mais se montrent sensibles aux maladies répandues dans le sud de la Russie.

Lins du Sud-Est du Bassin Méditerranéen.

Ils se rattachent au groupe indo-abyssinien avec leurs capsules dures, lignifiées, anthocyanées avant maturité et leurs fleurs en cornet s'ouvrant imparfaitement. Le lin cultivé pour la fibre dans l'Égypte antique existe toujours. Il porte les caractères des lins indo-abyssiniens mais sa tige est plus longue et moins ramifiée. Il reste cependant plus proche des lins à graines que des types à fibre nordiques.

3° Lins d'hiver

Ils sont répartis autour de la mer Méditerranée ; les plus résistants au froid se rencontrent dans la partie nord et nord-est du bassin. Dans les essais de résistance au froid entrepris sur la collection de Versailles durant l'hiver 1952-53, ce sont surtout les lins méditerranéens et argentins, d'origine méditerranéenne qui se sont le mieux comportés. Durant l'hiver 1953-1954 où la température descendit jusqu'à — 15° et où le sol gela sur 40 cm d'épaisseur quatre types seulement (sur les 700 variétés de la collection) ont subsisté : la population *Hiver Turquie*, les lignées issues de *Hiver Yougoslavie*, une lignée argentine : *Klein 10 e lignée 4* et *Hindou-Kouch* 214/48. Les régions montagneuses de l'Afghanistan constituent donc elles aussi un centre d'origine de lins d'hiver.

Si ces variétés ont résisté à une telle température de courte durée, les hivers 1955-56 et 1956-57 ont permis de noter qu'à — 10°, par grand vent, pendant une dizaine de jours, les dégâts étaient importants.

Les lins d'hiver sont très ramifiés à la base, et les tiges portant un grand nombre de feuilles très rapprochées sont rampantes durant l'hiver. Elles se redressent au printemps, s'allongent rapidement et les feuilles deviennent beaucoup plus espacées. Dans la région parisienne, ils fleurissent dans la deuxième quinzaine du mois de mai. En semis de printemps, ils sont généralement très tardifs et restent longtemps au stade rampant. Certaines lignées d'*Hiver Turquie* restent toute l'année au stade herbacé, il leur faut une période d'exposition au froid pour fleurir. Le poids de 1 000 graines varie de 5 à 7 g. Des différences de vigueur s'observent parmi eux ; les lins d'hiver de l'Anatolie ont une croissance luxuriante et le développement puissant de leur système radiculaire leur permet de s'accommoder d'un sol pauvre, caillouteux et relativement sec.

Tableau IV

Essai de rendement sur lins oléagineux de diverses origines

Variétés	Origine	Graines kg/ha			100 graines/paille			100 graines/graines avec les capsules		
		1947	1948	moyenne	1947	1948	moyenne	1947	1948	moyenne
Pervenche	Argentine	1 410	1 870	1 640	43,8	56,5	50,1	64,0	66,7	65,3
Miège 0,189	Maroc	1 370	1 710	1 540	46,0	57,0	50,1	61,0	60,2	60,6
Safi 4-9		1 150	1 630	1 390	42,6	54,5	48,5	55,5	58,3	56,9
Stende 10-5	Origine inconnue	870	1 340	1 100	35,9	43,5	39,7	53,2	51,0	52,1
Stende 7-4		870	1 190	1 030	29,0	31,2	30,1	53,2	56,0	54,6
Concurrent	Lin textile d'origine balte	720	1 210	970	18,5	26,7	22,6	60,2	56,5	58,3
Bulgare à huile	Péninsule balkanique	890	890	890	35,0	31,0	33,0	48,5	52,2	50,3
K 1 266	Asie Centrale	630	970	800	25,0	27,7	26,3	46,5	54,0	50,2

Les deux lignées *Stende 10-5* et *Stende 7-4* possèdent le mutant p^{b1} (pétales blancs frisés, graines jaunes) que l'on rencontre dans le Turkestan oriental ; p^{b1} entraîne une fertilité légèrement diminuée ce qui se traduit par un rapport (graines) /(graines avec les débris de capsule), un peu plus bas. Ce rapport est encore plus bas pour *Bulgare à huile* et *K 1266* mais l'abaissement est dû cette fois-ci aux attaques de *Polyspora lini* provoquant un échaudage des graines.

Analyse statistique du rendement en graines (4 répétitions par année) :

Coefficient de variation : 12,6 p. 100.

Différence significative pour une moyenne de 2 années : 150 kg/ha.

Interaction (pour P 0,05 F = 2,25) : 2,26.

VALEUR DES LINS MÉDITERRANÉENS EN TANT QUE MATÉRIEL DE SÉLECTION POUR LA CULTURE DU LIN OLÉAGINEUX EN FRANCE

1° Lins de printemps

Ce sont les lins marocains ou originaires de la partie occidentale du bassin tels que les lins sud-américains qui donnent les meilleurs résultats dans la région parisienne (tableaux III, IV et V). La grosseur des graines

TABLEAU V

Essai de lins à graines 1954

Variétés	Origine	Graines en qu/ha	100 × graines / (gr. + caps.)
Pervenche	Argentine	20,3	69
Williston Golden	Origine inconnue, reçu des U. S. A. non cultivé	20,0	69
Valuta	Roumanie	19,9	67
La Estanzuela	Uruguay	19,3	67
Maroc	Maroc	18,1	62
Deoro	Origine hybride inconnue, reçu des U. S. A.	17,8	63
Pastel	Roumanie	17,5	70
Viking	Bolley Golden (origine inconnue) × Burbank (Inde)	17,0	63
Roland	Péninsule Balkanique	16,2	63
La Prévision 18	Argentine	16,1	67
Minerva	[(Rio × Burbank) = Rebu] × Bison	16,1	67
C (47-1) 32	Safi V2 (Maroc) × Liral Duke	14,5	61
Analyse statistique du rendement en graines (6 répétitions).			
Coefficient de variation		4,05 %	
Différence significative		1,2 quintaux	

est un des facteurs du rendement élevé. Ce caractère est cependant lié à une stérilité partielle des capsules. Celle-ci apparaît lorsque le poids de 1000 graines dépasse 10 g en année normale (année 1948 par exemple, tableau II). *Pervenche*, sélectionné dans la population argentine *Malabrigo*, présente une bonne fertilité de capsule et une assez bonne résistance au *Polyspora*. Pour le moment, c'est une des variétés les plus productives dans les conditions de culture du Bassin parisien. *Pervenche* peut être considéré comme originaire de l'ouest du Bassin méditerranéen car ce sont les lins de cette région qui ont été introduits en Amérique du Sud.

Les lins originaires de la Péninsule balkanique ont une végétation plus luxuriante et ont de meilleurs rendements en l'absence de *Polyspora*, parasite qui s'observe assez souvent en fin de végétation. *Valuta*, sélec-

tionné dans le lin roumain *Studina* fait exception. *Valuta* n'est sensible au *Polyspora* qu'au stade cotylédonnaire comme les variétés marocaines : des taches se développent sur les cotylédons mais la maladie reste localisée à ces organes (fig. 5). *Pastel,* originaire de la Péninsule balkanique, est moins résistant au *Polyspora* mais sa capacité de rendement est élevée.

FIG. 5. — Taches de *Polyspora lini* sur cotylédons. *Safi lignée* 4-9 (lin marocain).

2° Lins d'hiver

Les lins d'hiver de Yougoslavie, s'ils ont une bonne résistance au froid sont cependant sensibles au *Polyspora* qui, en s'attaquant à la base des tiges provoque leur rupture ou leur verse (fig. 4). La population *Hiver Turquie* s'est montrée assez sensible au *Septoria* (maladie du pasmo). Comme c'est une maladie qui sévit surtout en fin de végétation, les variétés précoces sont moins touchées, malheureusement *Hiver Turquie* est assez tardif et ayant une croissance vigoureuse il est sensible à la verse.

Klein 10 e lignée 4, originaire d'Argentine, est alternatif et donne de bons rendements en semis de printemps. Sa résistance à la verse est bonne et ses graines sont plus grosses que celles de *Hiver Yougoslavie* ou *Hiver Turquie* (6 à 7 g).

II. — LES LINS EURASIATIQUES

L'ensemble des lins eurasiatiques forme un groupe homogène pour la grosseur des graines qui ne dépasse pas 6,5 g au mille ; mais on y observe toutes les variations de longueur de tige et d'aptitude à la ramification.

FIG. 6. — *Types de lin.* — De gauche à droite : 1. *Ile de France* (lin textile). — 2. *Pale blue crimped* (sélection de lin mixte américaine). — 3. *Pervenche* (lin oléagineux du type marocain). — 4. *Linum angustifolium* (lin sauvage). — 5. *Abyssinian yellow* (type de lin abyssin).

Contrairement aux lins méditerranéens ou indo-abyssiniens où l'on ne trouve que des lins courts cultivés uniquement pour la graine, les lins eurasiatiques comprennent les trois types culturaux de lin, c'est-à-dire les lins oléagineux, les lins mixtes et les lins textiles (fig. 6).

Les lins textiles sont généralement cultivés dans le nord du continent entre le 55e et le 65e parallèle. En Europe occidentale leur aire de culture

peut descendre, à la faveur du climat littoral, jusqu'au-dessous du 50e parallèle. Les lins du Pays de Caux sont réputés pour la qualité de leur filasse. Au voisinage du cercle polaire, dans la région d'Arkhangelsk, on cultive un type à fibre nettement plus précoce mais à tige moins longue. Le type textile à tige longue se retrouve aussi en Asie méridionale mais il n'est cultivé qu'en altitude (hauts plateaux de l'Afghanistan et du Bokhara).

Les lins oléagineux de ce groupe sont cultivés approximativement entre le 30e et le 40e parallèle et les lins mixtes occupent la zone intermédiaire.

1° Lins à fibre

C'est la mer Baltique qui paraît être le centre de dispersion des lins à fibre. Au début de ce siècle, avant la production de lignées pures sélectionnées, on cultivait dans ces régions des populations de lin textile très hétérogènes quant à la longueur des tiges. Les populations de lin les plus estimées étaient celles qui provenaient de la région de Riga. Autrefois, on faisait venir périodiquement en France de la semence des Pays baltes pour renouveler les populations de lin textiles. Celles-ci évoluaient en effet, sous nos climats, vers un type mixte moins intéressant pour la production de fibre. Berzins(1, 2) qui étudia les populations de lin baltes observa que les plantes à tige longue étaient à septa glabres et que les plantes à tige plus courte étaient pour la plupart à septa ciliés. En admettant la Lettonie, l'Esthonie et la région de Pskov comme centre des meilleurs lins textiles, il constate une augmentation de la proportion des plantes à tige courte et à septa ciliés au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce centre vers le sud et vers le nord. Le type précoce à tige relativement courte cultivé dans la région d'Arkhangelsk est à septa ciliés. Les lins mixtes cultivés plus au sud sont aussi à septa ciliés.

Les variétés de lin textile actuellement cultivées en Europe originaires de ce centre de culture, sont toutes à septa glabres et à tige longue. Seule la variété *Wiera*, non fixée, issue d'un croisement où intervenait un lin mixte à septa ciliés contient une certaine proportion de plantes à septa ciliés. Selon les recherches de Berzins les populations de lin à fibre baltes à tige longue n'ont que 3 p. 100 des plantes à septa ciliés et les populations de lin à fibre baltes à tige moyenne en ont déjà 12 p. 100. Les lins textiles à tige longue originaires des régions montagneuses de l'Asie méridionale (Afghanistan, Bokhara) ont tous des septa ciliés.

Si les capsules des lins méditerranéens ou indo-abyssiniens sont parfaitement indéhiscentes, celles des lins textiles sont semi-déhiscentes : les carpelles s'écartent légèrement, une fente se produit le long de leur

nervure dorsale mais les ouvertures produites sont trop petites pour laisser s'échapper les graines (fig. 2).

Les lins textiles sont typiquement à fleurs bleues et à graines brunes mais on y trouve des mutants à fleurs blanches n^c (voir tableau I). Ce mutant n'apparaît que dans les lins à fibre originaires de la région baltique. Les sélectionneurs hollandais ont retenu ce caractère pour la plupart de leurs variétés de lins textiles : *Concurrent, Formosa, Wiera, Diana* sont des variétés hollandaises à fleurs blanches n^c. Selon WULFF et ELLADI (8) les autres mutants sont très rares.

Les lins à tige longue originaires des régions montagneuses de l'Afghanistan ou du plateau de Bokhara sont semblables aux lins textiles baltes et aptes à produire les mêmes rendements en filasse de bonne qualité mais alors que les lins textiles de l'Europe septentrionale sont assez peu sensibles aux maladies lorsqu'on les cultive en France, ceux de l'Afghanistan subissent de fortes attaques de *Polyspora* diminuant sensiblement la valeur de la récolte en poids et en qualité (tableau VI).

TABLEAU VI

Comparaison des rendements de Afghan R 128, *lin textile des régions montagneuses de l'Afghanistan avec* Concurrent, *lin textile d'origine balte.*

	1947 Année sèche, pas de maladies					1948 Année normale, attaque de *Polyspora*				
	Paille Kg/Ha	Graines Kg/Ha	% de graiues	Filasse Kg/Ha	% de fiţasse	Paille Kg/Ha	Graines Kg/Ha	% de gaines	Filasse Kg/Ha	% de filasse
Concurent	5390	770	14,3	860	16,0	5210	1920	19,5	980	18,9
Afghan R 120	5930	610	10,3	790	13,2	4810	780	15,9	670	13,9

Par contre, essayés en Amérique du Sud, les lins textiles européens se sont montrés très sensibles aux maladies de ces régions, à la rouille en particulier (4).

SÉLECTION DU LIN A FIBRE EN EUROPE

Il est probable qu'avant l'emploi généralisé de la sélection généalogique, conduisant à l'obtention de variétés lignées pures, qui ne commença guère pour le lin, qu'à partir de la deuxième décade du XXe siècle, on devait pratiquer la sélection massale. Les fameux lins textiles de Pskov et de Riga seraient, d'après BERZINS (3) le résultat de sélection massale. En Hollande, le *lin Frison à fleurs blanches* a été obtenu par sélection massale en 1816 dans un lin à fibre de provenance russe à fleurs ordinairement bleues par un liniculteur hollandais.

En 1924, BERZINS (1, 2) isola, à la Station d'Amélioration des Plantes de Stende, en Lettonie, des lignées qui avaient une tige de 30 à 50 p. 100 plus longue que celle des lins du commerce. L'augmentation du rendement en filasse a été directement proportionnelle à l'augmentation de la longueur des tiges.

En Russie, la sélection généalogique commença vers la même époque. MALIK et KLOTSHKOV, dans leur publication *Les nouvelles variétés de lins à fibre* (13) font l'historique de la sélection du lin dans ce pays. Auparavant, on remplaça les « lins de pays » par les lins de Pskov. Des améliorations de rendement de 30 à 40 p. 100 ont ainsi été enregistrées. Puis la sélection de lignées à tige longue augmenta encore les rendements.

Les premières variétés homogènes ainsi sélectionnées, aussi bien en Russie que dans les Pays baltes constituèrent un progrès important sur les variétés populations cultivées jusqu'alors. Cependant, comparées aux variétés dont nous disposons actuellement elles se montrent nettement inférieures. Aussi bien dans les essais faits à Versailles que dans les essais étrangers leur rendement en filasse est moins bon : la teneur en fibre des tiges a besoin d'être améliorée et elles sont sensibles à la verse.

Les variétés sélectionnées en Hollande et en Irlande vers la même époque, à partir du même matériel (lins baltes) étaient légèrement supérieures du point de vue cultural et technologique. Les variétés irlandaises *Stormont Gossamer, Stormont Cirrus, Liral Monarch, Liral Crown, Liral Prince* parues vers 1930 (18) se maintinrent en culture en France jusqu'en 1946-47 lorsqu'elles furent remplacées par les nouvelles variétés hollandaises. Elles étaient caractérisées par une bonne teneur en fibre et une filasse d'excellente qualité.

La variété qui eut le plus grand succès en Europe occidentale fut *Concurrent* sélectionné en Hollande en 1921 par le Dr DORST dans le *Lin Frison à fleurs blanches*. Ce n'est qu'à partir de 1953 qu'il fut remplacé par une autre variété hollandaise : *Wiera* (voir tableau VII). Cette dernière doit son succès à sa résistance à la verse, un rapport filasse/étoupe élevé et un bon rendement en graines.

En Russie (13) les variétés actuellement cultivées : *Svietotsh* (Flambeau), I 288_{12}, *Priadilshtshik, Stakanovetz* sont dépassées par les nouvelles obtentions L. 1.120, *Severianine* (Nordique), *T* 5, etc., parues vers 1950. *L.* 1 120 donne un haut rendement en filasse malgré la teneur en fibre relativement faible de ses tiges ; sa résistance à la verse est remarquable. *Sévérianine* est caractérisé par une haute teneur en fibre et un haut rendement en filasse et en graines. *T 5* sélectionné à Tomsk se distingue par un haut rendement en filasse et une excellente résistance à la verse.

En Europe occidentale, les nouvelles variétés hollandaises, *Diana, Solido, Madonna* semblent intéressantes. En Belgique, *Arc-en-Ciel*, obtention récente, fait preuve d'une haute teneur en fibre et d'un haut ren-

Tableau VII

Pourcentages des variétés textiles cultivées en France et en Hollande
(chiffres communiqués par l'Association Générale des Producteurs de Lins)

	Fleurs blanches				Fleurs bleues						
	Concurrent	Wiera	Formosa	Diana	Hollandia	Fievel	Percello	Verum	L. Crown	Solido	Noblesse
1951 :											
Hollande	66	4	9		3		15	—	1		
France	61	—	6		6		6				
1952 :											
Hollande	70	7	9		3		7	2	1		
France	66	1	6		8		11				
1953 :											
Hollande	47	34	7		4	2	2	2	—	—	
France	66	4	9		9	0,3	9				
1954 :											
Hollande	22	69	1	3	3	1	0,2	0,2	—	1	0,2
France	47	36	6	—	7	1	2				
1955 :											
Hollande	3	87	—	7	2	—	0,1		—	2	0,3
France	11	79	1	—	4	0,3	0,4		3	—	

dement en graines. *Ile de France* issu d'un croisement entre *Concurrent* et *Blenda* est adapté au climat de la région parisienne qui n'est plus dans l'aire optimum de culture des lins textiles. Les tableaux VIII et IX rendant compte de résultats d'essais de rendement faits à Versailles font ressortir la valeur de la variété *Ile de France* pour la région parisienne.

TABLEAU VIII

Essai de lins à fibre 1953, année normale
Teneur en fibre et résistance à la verse

	Filasse kg/ha	% Filasse sur paille égrenée	Verse (1) 0 à 25	Début floraison en jours depuis la levée
Noblesse	728	18,8	1,5	63
Verum	688	18,4	4,5	64
Ile de France	688	15,9	4,5	68
C (44-7) 80-2 (2)	656	18,3	0,5	68
Wiera	652	*20,0*	0,0	60
Madonna	620	18,4	0,0	62
Percello	572	18,3	0,0	63
Solido	558	18,5	0,0	60
Herkules	546	18,8	2,0	61
Hollandia	543	17,8	0,0	59
Formosa	537	14,4	0,5	63
Arc-en-Ciel	507	17,0	1,5	62
Tourneur 2-5	504	15,1	5,0	64
Concurrent	500	16,3	0,5	63
Priekuli	487	18,1	5,5	68
Saphir	482	13,6	1,0	66
Diana	465	16,1	0,0	64
Engelum 51-VII	450	16,9	1,0	62
Fivel	413	*11,7*	2,0	64
Rembrandt	395	13,7	3,0	63
Daros I	348	12,7	0,0	60 brunissure
C (44-7) 92-10	296	*11,4*	2,0	68
Différence significative	70,8	3,9		
Coefficient de variation	10,6 %	19,0 %		

(1) La verse a été notée 0 à 5 par parcelle : 0 aucune verse, 5 verse totale.
Les chiffres représentent la somme des notations des 5 parcelles.
(2) C (44-7) = Priekuli 665 × (Kostroma × Crésus) 1944.
Moyennes de 5 parcelles de 9 m², méthode des lattices.
Semé le 24 mars 1953.
Levé le 7 avril.

2° Lins mixtes

D'après WULFF et ELLADI (8), les lins mixtes de l'Ukraine et du Bassin de la Volga sont à graines aussi petites que celles des lins à fibre. Plus au sud, dans la région de Stalingrad et la dépression de Manytch on cultive un lin mixte à graines plus grosses : 5 à 6,5 g pour mille graines. Les lins mixtes à graines plus petites de la Russie d'Europe ont été introduits au-delà de l'Oural, où ils sont cultivés avec succès dans les terres

noires de la Sibérie, la région d'Altaï et jusqu'en Extrême-Orient. Ce sont aussi ces mêmes lins qui sont à l'origine des variétés nord-américaines actuellement cultivées. Ces types de lin sont moins sensibles à la sécheresse que les lins textiles. Leur richesse en huile va de 40 à 42 p. 100 et ils ne paraissent pas avoir de sensibilité particulière aux maladies. Ils sont

TABLEAU IX

Essai de lins textiles, année 1954, saison sèche ; les variétés précoces ont souffert d'un coup de chaleur en début de floraison

Variétés	Filasse kg/ha	% de Filasse	Début floraison en jours
Ile-de-France	634	14,0	65
Engelum 51-VII	584	16,6	61
Noblesse	528	14,2	62
Arc-en-Ciel	519	13,6	59
Concurrent	487	14,0	60
Rembrandt	481	13,3	60
Diana	477	13,0	62
Madonna	471	13,5	61
Priekuli 665	470	10,3	66
Formosa	467	11,9	63
Fivel	464	11,9	62
Solido	461	13,3	61
Percello	456	13,1	61
Saphir	451	9,3	65
Wiera	450	13,4	59
C (44-7) 80-2	445	9,8	70
CI 687	438	11,4	65
Hollandia	432	12,4	59
Verum	428	12,5	62
Fleischmann 188	398	12,6	59
Daros I	388	10,9	62
Norfolk Earl	381	12,8	54
Eckendorfer früh	299	11,8	55
Différence significative	36	1,2	
Coefficient de variation	9,6 %	8,2 %	

Moyennes de 6 parcelles de 6 m². Méthodes des « lattices ». Des dégâts d'oiseaux lors de la récolte ne permettent pas de tenir compte du rendement en graine.
Semé le 30 et 31 mars.
Levé le 10 avril.

soit à septa ciliés, soit à septa glabres et on y trouve quelques rares mutants : plantes à fleurs violettes n^j, à fleurs bleues et anthères oranges a^h, à fleurs bleu très pâle p^e (voir tableau I). Les graines bigarrées du type *Royal* (fig. 1) de couleur brun-rouge mais à partie opposée au bec, jaune, se rencontrent fréquemment dans le Bassin de la Volga.

3° Lins oléagineux

Leurs graines, relativement petites ne dépassent pas 6 g au mille. Ils sont surtout cultivés dans les Républiques de l'Asie Centrale (Tadjikistan, Kirghizistan, Uzbekistan) et en Afghanistan. Leur précocité est variable,

la végétation vigoureuse, le feuillage abondant et les capsules nombreuses. Un type assez tardif et productif est utilisé en culture irriguée. Ils ont une grande importance économique et s'y comportent remarquablement. Cultivés dans d'autres régions, ils se montrent cependant très sensibles aux maladies. Dans le Bassin parisien, ils sont fortement attaqués par le *Polyspora* (tableau IV). Leurs septa sont en général ciliés avec un faible pourcentage de plantes à septa glabres. La plupart des types sont à fleurs bleues et à graines brun-rouge, mais dans le Khorezm (au sud de la mer d'Aral), on cultive un lin à fleurs blanches, à anthères oranges et à graines jaunes a^d. D'après VAVILOV (15), la région de Khiva dans le Khorezm est un centre de dispersion de ce mutant. Dans la région de Kashgar dans le Turkestan oriental, on rencontre le mutant p^{b1} (C. I.50 *Kashgar*, C.I.51 *Tash Malik* de la collection de Washington). Ce gène n'a pas encore été signalé ailleurs. *Ottawa 829 C*, *Ottawa 770 B* qui portent aussi le mutant p^{b1} (pétales frisés, anthères oranges, graines jaune-verdâtre, etc., voir tableau I) sont utilisées aux U. S. A. pour la sélection de la résistance aux rouilles et pour la haute teneur en huile et la siccativité. Leur origine est inconnue.

III. — LES LINS INDO-ABYSSINIENS

Botaniquement, les lins de l'Éthiopie, voisins de ceux de la vallée du Gange et de l'Indus, sont très courts (fig. 6 et 7) et leurs graines ne dépassent guère 6 g au mille. Les lins de l'Inde Péninsulaire et du sud-est de la Méditerranée sont moins courts, leurs graines peuvent atteindre 11 g au mille et leurs capsules lignifiées sont difficiles à écraser.

Les lins indo-abyssiniens ont un caractère commun: les fleurs ne s'ouvrent qu'imparfaitement, restent en cornet et les capsules sont très anthocyanées avant la maturité.

A quelques rares exceptions près, les lins de l'Éthiopie sont à septa glabres, ceux de la vallée du Gange en majorité ciliés. En Éthiopie, les septa ont de plus la particularité d'être très étroits et près de 50 p. 100 des plantes sont à graines jaunes alors que les fleurs sont bleues, c'est-à-dire qu'elles portent le mutant r^m (*Abyssinian yellow*). Ce mutant se retrouve aussi chez les lins de la vallée du Gange où il a été étudié par SHAW et al. (14). Le mutant p^{b2} par contre ne se trouve pas en Éthiopie mais se rencontre dans l'Inde. La variété *Pusa* 124 de la vallée du Gange porte à la fois r^m et p^{b2}. En dehors de l'Inde, p^{b2} est assez fréquent en Argentine (fig. 8). Le gène a^d n'est pas rare dans l'Inde et on y rencontre aussi p^e, n^j et a^h (tableau I). Cultivés aux États-Unis, les lins indiens ont une résistance variable aux maladies: *Hoshangabad* (Central Province), par exemple, porteur du gène

a^d, y est très sensible au fusarium, à la rouille et autres maladies. *Punjab* à fleurs bleues et graines brun-rouge, est résistant à toutes les races de rouille nord-américaines mais sensible au fusarium et au pasmo (10). Au Maroc, CLAVIER C. (11) signale que les quelques lignées indiennes essayées se sont montrées sensibles à la rouille. Ce sont les lins indiens à graines jaunes (porteur des gènes a^d ou r^m) qui font preuve de la plus haute teneur en huile. Elle va jusqu'à 45 p. 100 chez certaines lignées.

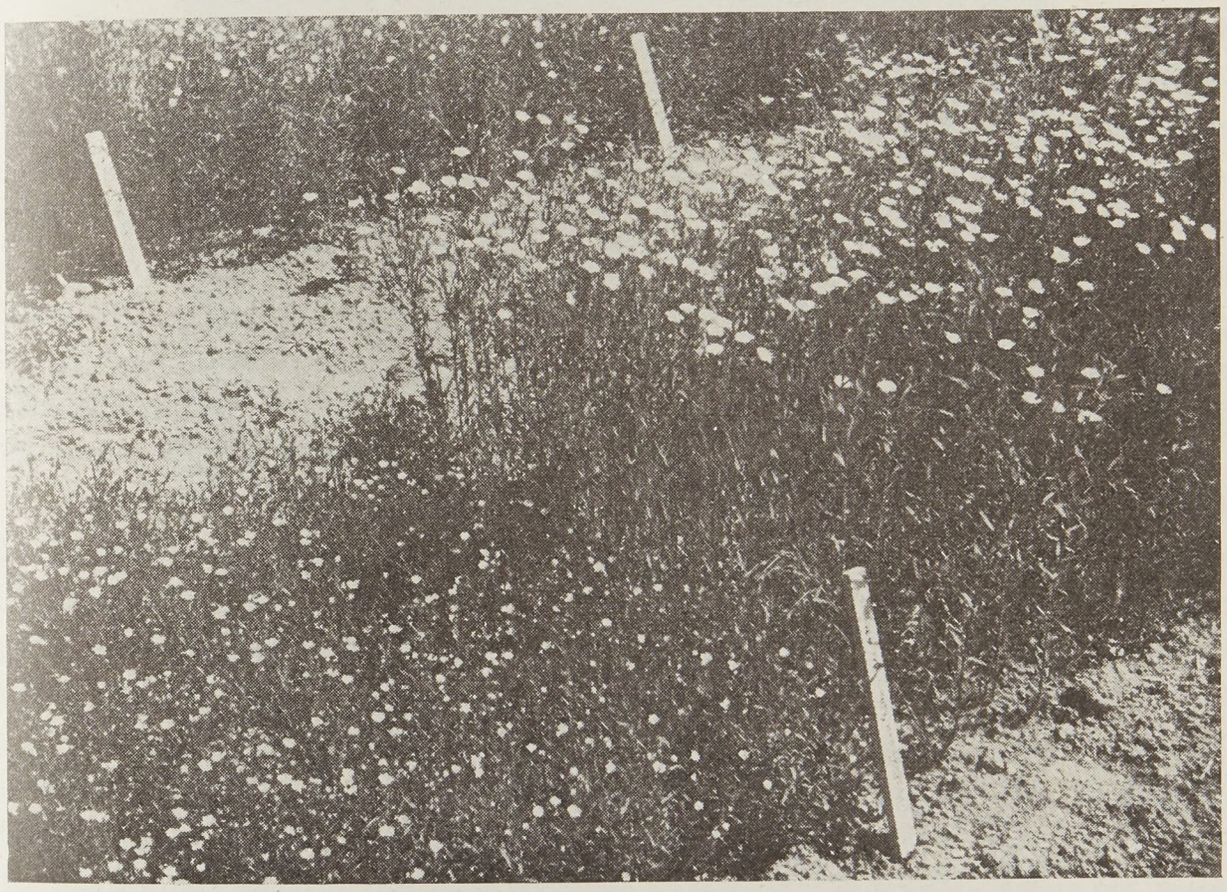


FIG. 7. — Un type de lin abyssin (*Asmara* d'Erytrée) à gauche à côté d'un lin mixte d'origine hybride.

IV. — LES LINS INTRODUITS EN AMÉRIQUE

L'espèce *Linum usitatissimum* n'existait pas en Amérique : elle y a été introduite par les colons européens. Actuellement c'est dans ce pays que l'on trouve les plus fortes superficies en lin (environ 3 500 000 ha) ; il n'est cultivé que pour la graine. La culture du lin pour la fibre est principalement pratiqué en Russie. (près de 2 000 000 ha). En Europe occidentale, où l'on ne cultive guère que le lin textile, la superficie ne dépasse pas 200 000 ha.

1° Lins nord-américains

Selon DILLMAN (9) on cultivait déjà, en Amérique du Nord, dès les premiers temps de la colonisation, un lin pour la fibre. Il prit une exten-

sion assez grande au XVIIIe siècle, mais sa culture déclina après l'invention de la machine à égrener le coton (1792). Au XIXe siècle, la culture s'orienta vers la production de l'huile. Au début du XXe siècle elle faillit disparaître aux États-Unis à cause du développement extraordinaire pris par la flétrissure du lin : *Fusarium lini*. Grâce à BOLLEY (5, 6) qui déter-

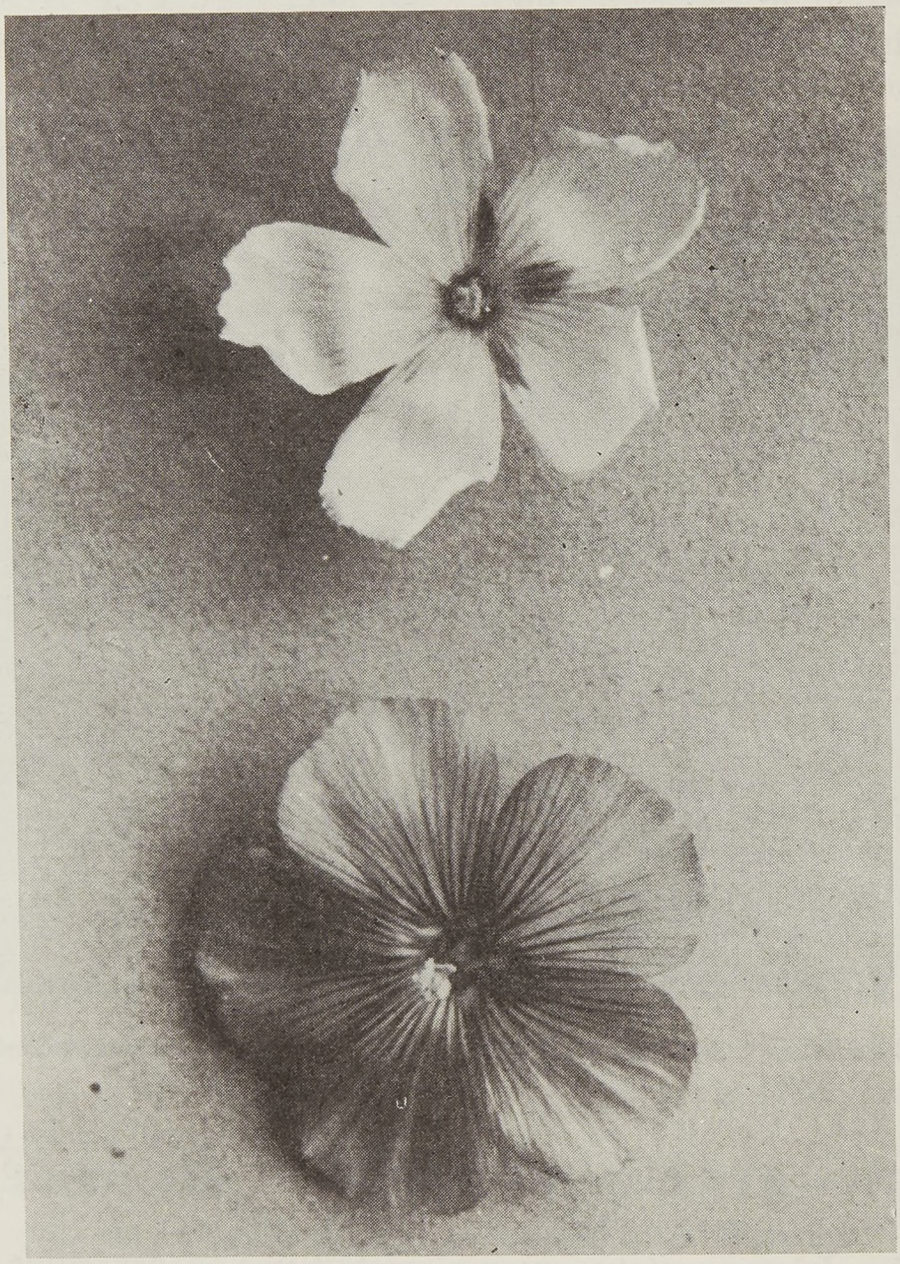


FIG. 8. — Une fleur bleue normale à nervures des pétales bien marqués à côté d'un mutant p^{b2} provenant de la population de lin argentine *Malabrigo*.

mina l'agent de la flétrissure et sélectionna les premières variétés résistantes, la culture du lin oléagineux a pu être maintenue et actuellement, le Canada et les États-Unis contribuent pour plus d'un tiers à la production mondiale de l'huile de lin (environ 600 000 tonnes d'huile).

Le type de lin cultivé durant la période coloniale appartenait sans doute à la catégorie des lins à fibre à tige de longueur moyenne. Il était assez voisin des lins mixtes que l'on cultivait en Europe occidentale avant le développement des techniques modernes de sélection.

Des graines destinées à être broyées dans les huileries américaines ont été importées de la Russie et de l'Inde avant 1850 (9). Une partie de ces graines servait à ensemencer les cultures. Depuis cette époque, des importations continuelles de lins indiens ont eu lieu mais utilisés comme semence, ils se sont montrés mal adaptés aux conditions de culture de ce pays. Les lins de l'Ukraine et du Bassin de la Volga par contre, réussissaient mieux et c'est à partir d'eux qu'on sélectionna les premières variétés nord-américaines résistantes au fusarium.

La sélection des lins aux États-Unis et au Canada a été avant tout orientée vers l'acquisition de la résistance aux maladies. Le développement de ces dernières menaçait en effet de supprimer la culture du lin dans ce pays. Plus récemment, les objectifs de la sélection englobèrent l'augmentation de la teneur en huile et de la siccativité.

Parmi les variétés les plus cultivées au Canada et aux États-Unis à l'ouest des Grands Lacs), on peut citer *Royal, Redwing, Sheyenne.* Grâce aux publications de A. C. Dillman, *Improvement in flax* (9) et *Classification of Flax varieties 1946* (10) la généalogie des variétés de lin cultivées aux États-Unis est bien connue.

Royal a été sélectionné dans des lins mixtes provenant du sud de l'Ukraine et possède les caractères botaniques typiques des lins de cette région. C'est un lin mixte à tige relativement courte, à graines petites à moyennes. Les fleurs sont bleues et les graines, brun-rouge, sont légèrement bigarrées c'est-à-dire que la région opposée au bec est jaune. *Royal* est résistant à la plupart des races de rouille nord-américaines mais sa résistance au fusarium n'est pas totale. Après l'épidémie de rouille de 1942, cette variété fut très demandée, ce qui a eu pour conséquence un accroissement sensible de sa superficie de culture. Son rendement en huile est satisfaisant mais l'indice d'iode est faible.

Redwing tire son origine d'une des populations de lin à fibre cultivée anciennement en Europe occidentale : le *Lin Frison à fleurs blanches.* Il est résistant au fusarium mais sensible à la rouille. Sa précocité rend sa culture intéressante.

Sheyenne, variété la plus cultivée dans le North Dakota et le South Dakota est issu du croisement *Ottawa 770 B* × *Buda. Buda* provient d'une sélection dans un lin cultivé en Hongrie et possède une bonne résistance au fusarium. *Ottawa 770 B* est largement utilisé comme géniteur par les sélectionneurs nord-américains, par suite de son immunité à toutes les races de rouille de ce pays et de la haute teneur en huile de ses graines qui sont jaune-verdâtre. Cette variété est d'autre part assez peu sensible au fusarium.

Ottawa 770 B est issu du croisement *La Plata A* × *Ottawa 829 C.* C'est cette dernière variété qui porte le mutant p^{b1} supprimant toute pig-

mentation anthocyanique dans la plante, et dont le centre de dispersion est la région de Kashgar dans le Turkestan oriental.

Crystal, une autre variété relativement récente, hautement résistante à la rouille et modérément résistante au fusarium et au pasmo porte le gène p^{b1} transmis par *Ottawa 770 B*.

En Californie, on cultive des variétés d'origine indienne et argentine en semis d'automne et en culture irriguée.

Punjab, la principale variété cultivée en Californie ainsi que dans l'état voisin de l'Arizona est résistant à la rouille mais sensible au fusarium et au pasmo. Elle est typiquement indienne avec ses fleurs en cornet et ses capsules très anthocyanées avant la maturité.

Rio résistant à la rouille ainsi qu'au fusarium mais sensible au pasmo est issu d'une sélection dans un lin de commerce de provenance argentine.

2° Lins de l'Argentine et de l'Uruguay

C'est sur le territoire de La Plata que le lin oléagineux atteint sa plus forte densité de culture. Vers 1920, les cultures linières de cette région atteignaient 1 500 000 ha et produisaient 1 100 000 tonnes de graines, ce qui constituait à l'époque 51 p. 100 de la production mondiale. Avec une exportation de plus de 1 000 000 de tonnes, cette région contribuait pour 72 p. 100 à l'approvisionnement du marché mondial des graines de lin.

L'introduction du lin en Amérique du Sud a dû commencer vers 1800. Les importations de graines venaient principalement de l'Espagne. Plus tard, on importa de la graine d'Italie, de France, de Russie. Ce n'est que vers 1880 que la plante prit une importance commerciale. Durant la période 1935-40, l'Argentine cultivait environ 3 000 000 d'ha et l'Uruguay 150 000. La superficie diminua sensiblement en Argentine après 1940 à cause de l'essor pris par la culture du lin aux États-Unis. De 3 000 000 d'ha elle passe à 1 800 000 durant la période 1941-1944, alors que celle des États-Unis augmente de 500 000 ha à 1 500 000 ha.

Botaniquement, les lins de ces régions correspondent à ceux de la partie occidentale du Bassin méditerranéen. Les septa des capsules sont, à part quelques exceptions, ciliés et les graines pèsent de 6 à 10 g au mille. Ce sont des lins typiquement oléagineux à tige courte et ramifiée. Les fleurs sont bleu-lobélia à bleu campanule avec une certaine fréquence des mutants l^a (voir tableau I) et p^{b2} (fig. 8) que l'on ne trouve que rarement chez les lins à grosses graines méditerranéens. Les pétales ont un aspect légèrement gondolé avec une tendance à l'enroulement en gouttière comme chez les lins méditerranéens. On y observe aussi une assez forte variation dans le rapport longeur/largeur des pétales bleus. La *lignée 3-8* tirée de *Malabrigo* a des pétales qui sont plus larges que longs.

Alors qu'aux États-Unis, les sélectionneurs ont souvent fait appel à

des variétés étrangères, en Amérique du Sud, les variétés actuelles tirent leur origine des lins anciennement cultivés dans le pays. Beaucoup de variétés sont issues de la population de lin *Malabrigo* qui est un type de lin cultivé depuis le XIXe siècle en Argentine et en Uruguay.

Étant donné la densité de culture du lin dans la région de La Plata, celle-ci revenait fréquemment sur la même sole Pour cette raison, il devint important de sélectionner des variétés résistantes à la fatigue du sol. Cet objectif a été atteint avec la variété *Klein 11*.

Le problème de la résistance aux maladies s'est posé avec moins d'acuité qu'aux États-Unis. Cependant le pasmo (*Septoria lini*) attaque souvent le lin dans ce pays (fig. 3) et les attaques de fusarium et de rouille ne sont pas rares. Le rendement et la résistance au froid font aussi l'objet de travaux (cf. BOERGER 4).

La variété la plus cultivée en Argentine est *Klein 11*. En 1941 elle occupait 688.000 ha soit 56 p. 100 de la superficie consacrée au lin dans ce pays. Cette variété a été sélectionnée dans la population *Malabrigo* parmi les lignées résistantes à la fatigue du sol et capables d'être cultivées plusieurs années de suite sur la même terre sans subir de diminutions appréciables de rendement. En plus de la résistance à la fatigue du sol, cette variété doit son succès à un rendement en graines élevé ainsi qu'à la résistance au froid des plantules durant leur jeune âge. *Klein 11* est la variété la moins sensible au pasmo, mais par contre elle est assez sensible au fusarium.

L'obtention relativement récente, *Charrua M. A.* joint une bonne résistance au fusarium à l'immunité à la rouille.

En Uruguay, *La Estanzuela H2*, en plus de son excellent rendement en graines est résistante au fusarium et à la rouille. *Tabaré*, mis au commerce en 1952, fait preuve d'un degré de résistance à la fatigue du sol non encore atteint sur le territoire de La Plata (cf. BOERGER 4).

V. — CONCLUSION

L'espèce *Linum usitatissimum* comprend un grand nombre de types très différents qui se distinguent les uns des autres par un ensemble de caractères botaniques et culturaux. Généralement, une région déterminée ne comporte qu'un seul type relativement homogène. Lorsque les gènes sont extériorisés par des caractères bien nets comme la couleur des fleurs et des graines, on constate qu'ils sont répartis autour de centres d'origine. Certains ne se rencontrent que dans un groupe géographique donné, d'autres sont moins exclusifs. Les types de lin sont souvent bien adaptés aux conditions de culture de leur région d'origine. Cultivés ailleurs ils

donnent, dans la plupart des cas, de moins bons résultats. Les échecs des tentatives d'introduction ont surtout pour cause le manque d'adaptation aux maladies. Ce n'est qu'en mettant en essai un grand nombre de lignées d'une collection, d'origines très diverses que l'on peut espérer sélectionner des lignées intéressantes.

Le travail de sélection effectué dans un pays étranger n'a surtout de valeur que pour le pays lui-même. Les variétés de lin les plus populaires aux États-Unis par exemple n'ont qu'un intérêt restreint en France. Le principal objectif de sélection aux États-Unis a été l'acquisition de la résistance aux maladies les plus virulentes dans ces pays, c'est-à-dire le fusarium et la rouille. Dans le Bassin parisien, ces maladies sont moins communes et souvent peu virulentes et c'est par contre le *Polyspora* qui est un des facteurs principaux de diminution de rendement.

Pour une région donnée, on peut déterminer les différentes aptitudes culturales du type qui y est cultivé. Connaissant l'origine d'un lin on peut alors se faire une idée de sa valeur et l'hybridation permet alors au sélectionneur de combiner certaines qualités tout en essayant d'élimier les caractères désavantageux.

SUMMARY

The geographical groups of flax

To every natural region of culture corresponds a well-determinded type of flax. From the trials of classification undertaken by several authors, it is convenient to keep the 3 great following subdivisions :

1° *The Mediterranean flax varieties* including three very different types : seed-flax with large-sized seeds (7 to 14 grammes for 1000 seeds), winter flax, and wild dehiscent flax.

2° *The Eurasiatic flax varieties* including fiber-flax, dual-purposed flax, and seed-flax, characterized by their small seeds rarely exceeding 6 grammes.

3° *The Indo-abyssinian flax varieties*, of the seed-flax type, with bell-shaped or horn-shaped flowers, opening imperfectly and with anthocyanated bolls before ripening.

The south-american flax varieties derive from the mediterranean oil-flax group. The origin of north-american flax has been conditioned by the need of introducing wilt-resistant types. These ones have been selected in the intermediate types often encountered in baltic or russian fiber-flax, or cultivated in Ukraine and in the Basin of the Volga.

In France, the breeding material for fiber-flax is constituted by the baltic varieties, and for seed-flax, by the mcroocan or south-american varieties.

ZUSAMMENFASSUNG

Die geographischen Leingruppen

Jedem natürlichen Anbaugebiet gehört ein bestimmter Leintypus. Aus den Einteilungsversuchen vorgenommen durch verschiedenen Autoren ist es bequem die drei grossen folgenden Klassen zu behalten :

1° *Die Mittelmeergruppe* drei sehr verschiedene Grundformen umfassend : die dicksamigen Oelleine (7 bis 14 grammen pro tausend Samen), die Winterleine und der wilde aufspringende Lein.

2° *Die Eurasiatischegruppe* welche die Faserflächse, die Zwischenformen und die Oelleine vereinigt und die sich unterscheidet durch ihre kleine Samen selten die Grösse von 6 grammen pro tausend überschreitend.

3° *Die Indoabessinischegruppe*, eine Oelleingruppe, mit glockenartigen Blumen, unvollkommen entfaltet und mit Anthocyan gefärbten Kapseln vor der Reife.

Die südamerikanischen Leine stammen von der Mittelmeergruppe ab. Der Ursprung der nordamerikanischen wurde durch die Notwendigkeit der Einführung fusarium widerstandsfähiger Formen bestimmt. Diese wurden unter den Zwischenformen ausgelesen die man entweder in den baltischen oder russischen Faserflächse gemischt oder in der Ukraine und dem Stromgebiet der Wolga anbaut, findet.

In Frankreich, benutzt man für die Züchtung der Faserflächse die baltischen und für die der Oelleine die Marokkanischen und südamerikanischen Formen.

РЕЗЮМЕ

Географические группы льна.

Ф. ПЛОНКА. (Центральная Станция Селекции Растений. Версаль.)

Каждой естественной зоне соответствует определенный тип льна. Из попыток классификации, предпринятых различными авторами, можно, для удобства, удержать следующие подразделения :

1. *Льны средиземноморские* с тремя различными типами : льны масляничные с крупным зерном (7-14 грамм тысяча зерен), льны озимые и льны дикие, высыпающиеся (дегицентные).

2. *Льны евразиатские* к которым относятся льны текстильные, текстильно-масляничные и льны масляничные, отличающиеся мелким зерном, редко превышающим 6 грамм на тысячу зерен.

3. *Льны индо-абиссинские*. Масляничные, с цветами колокольчиковидными или свернутыми, не вполне распускающимися, с коробочками окрашенными антоцианом до наступления спелости.

Льны южно-американские происходят от масляничных средиземноморских льнов. Происхождение северо-африканских льнов было обусловленно необходимостью вводить типы стойкие по фузариозу. Они могли быть получены от типов маслянично-текстильных, часто встречающихся, как примесь, в текстильных балтийских и русских льнах, или разводимых на Украине и в бассейне Волги.

Во Франции, селекционный материал текстильных льнов-балтийского происхождения, а масляничные льны-мароканского и южно-американского.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Berzins (E.). — Le lin. Travaux de sélection et essais de la Station de sélection d'État à Stende, Riga. 162-205 ; 1931.

(2) Berzins (E.). — Untersuchungen an lettlandischen Faserleinsorten. *Faserforschung*, XI, 24-47 ; 1934-35.

(3) Berzins (E.). — Etude expérimentale de la dégénérescence des lins à fibre. Xe Congrès des Sc. Agron. 1936, Riga. *Latvijas Agronomu Biedribas Izdevums*, 1-20 ; 1936.
(4) Boerger (A.). — Der Lein als Oel-und Faserpflanze des La Plata Gebiets. *Materiae Vegetabiles*, I, n° 1, 17-42 ; 1952.
(5) Bolley (H. L.). — Flax and Flax seed selection. *North-Dakota Agric. College, Agric. Exp. St.*, Bull. 55, 171-198 ; 1903.
(6) Bolley (H. L.), Manns (T. F.). — Fungi of Flaxeed and of Flax-sick soil. *North-Dakota Agric. College, Agric. Exp. St.*, Bull. 259, 1-57 ; 1932.
(7) Candolle (A. de). — L'origine des plantes cultivées. Paris, Germer Baillière et Cie, 377 p. ; 1883.
(8) Ciferri (R.). — La sistematica del lino. *Univ. di Bologna*, 203 p. ; 1949.
(9) Dillman (A. C.). — Improvement in Flax. *Yearbook Agric.*, U.S.D.A., 745-784 ; 1937.
(10) Dillman (A. C.). — Classification of Flax varieties 1946. U.S.D.A. 1064, 1-56 ; 1953.
(11) Grillot (G.), Clavier (C.). — L'amélioration du lin au Maroc et ses difficultés. 70e Congrès de l'A.F.A.S., fasc. IV. Tunis 1-15 ; mai 1951.
(12) Howard (G. L. C.), Abdur Rhaman Khan. — Studies in Indian oil seeds. II Linseed. *Mem. of Dept. of Agric.*, India XII, 4, 135-184 ; 1924.
(13) Malik (P. V.), Klotshkov (V. N.). — Novie sorta lna dolgsuntsa. (Nouvelles variétés de lins à fibre). *Selekcja i Semenovodstvo*, 5, 51-55 ; 1953.
(14) Shaw (F. J. F.), Khan Sahib Abdur Rhaman Khan, Mahbub Alam. — The inheritance of characters in Indian Linseed. *Indian J. Agric. Sci.*, vol. I., 1-57 ; 1931.
(15) Vavilov (N. I.). — Studies on the origin of cultivated plants. *Inst. Bot. Appl. et Amél. plantes*, Leningrad, 248 p. ; 1926.
(16) Vernet (A.). — Enquête sur la culture du lin à graines en Tunisie. *Ann. Serv. Bot. Tunisie*, XXII, 181-195 ; 1951.
(17) Zhukovsky (P.). — La Turquie agricole. Ed. Selkhozghiz, Moscou, Leningrad, 440-448 et 860-862 ; 1933.

Anonyme

(18) New pure strains of flax. *Min. of Agric. of North Ireland Stormont*, Belfast, leaflet 74, 1-5, febr. 1934.
(19) Nouveau cours d'agriculture. *Institut de France, section d'Agriculture.* A Paris chez Deterville, **8**, 23-36 ; 1809.

Le Directeur-Gérant : B. Laclavière.

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 3-9-1957.

Dépôt légal: 3e trimestre 1957 *N° d'impression: 535*

ÉTUDE DE QUELQUES POPULATIONS FRANÇAISES DE MAIS PRÉCOCE : ESSAIS DE VALEUR HYBRIDE

PAR

X. LASCOLS

Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Intérêt des populations et méthode de sélection.**
II. — **Populations de départ et préparation des essais.**
III. — **Résultats des essais.**
IV. — **Discussion et conclusions pratiques pour la sélection.**

I. — INTÉRÊT DES POPULATIONS ET MÉTHODE DE SÉLECTION

Avant l'introduction des maïs hybrides américains, on cultivait en France des populations de pays dont chacune avait ses caractéristiques propres ; les origines assez précoces pour fournir du matériel valable pour le Bassin Parisien présentaient en particulier des caractères d'adaptation au froid que n'avaient pas les hybrides américains.

Comme d'autre part la vigueur hybride est d'autant plus forte que les lignées croisées sont d'origine plus différente, l'objectif principal de la sélection entreprise par la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles était de réaliser des croisements franco-américains, réunissant la productivité des hybrides et l'adaptation du matériel français à nos conditions. Cette hypothèse de base a été vérifiée dans tous nos essais où l'on pouvait comparer des hybrides franco-américains à des hybrides soit purement français, soit purement américains.

La méthode générale est simple dans son principe ; elle comprend 4 parties, plus ou moins imbriquées :

1° **Autofécondations** successives dans les populations et tri des lignées pour leur valeur propre. Ce travail nécessite environ quatre ans.

Travailler avec des lignées présente deux sortes d'avantages :

— Ces lignées, bien que peu vigoureuses, constituent un matériel stable et connu. Ceci permet de détecter les meilleures combinaisons hybrides et de les refaire à volonté.

— On peut choisir les lignées présentant des caractères favorables, ce tri étant facilité par leur homogénéité et aussi par leur manque de vigueur. Sont considérés comme favorables les caractères que l'on désire retrouver chez les hybrides, mais aussi les caractères qui permettent de maintenir et de multiplier facilement les lignées.

Les caractères d'adaptation des lignées (précocité, tolérance au froid, résistance à la verse et aux maladies) se retrouvent assez bien chez leurs hybrides. Par contre, la productivité des lignées ne se retrouve pas fidèlement chez leurs hybrides : ce dernier point est l'un des objets de la présente étude.

En somme, la sélection du maïs pour les caractères d'adaptation peut se faire surtout au stade « lignées « ; la sélection pour la productivité peut commencer à ce stade, mais doit obligatoirement se poursuivre au stade « hybrides ». Ce sont alors les étapes suivantes :

2° **Test de la valeur hybride** des lignées en cours de fixation par croisement de celles-ci avec un ou plusieurs testeurs, qui sont dans notre cas des hybrides simples américains. Ces hybrides « Trois Voies » sont mis en essais de rendement à plusieurs répétitions.

3° **Mise au point** des meilleures formules hybrides doubles d'après les résultats des essais Trois Voies et fabrication des hybrides simples et doubles entre les quelques lignées finalement retenues.

4° **Essais d'hybrides simples** toutes combinaisons (croisements diallèles). C'est le système le plus précis pour connaître toutes les possibilités offertes par le matériel qui a survécu aux tris antérieurs. Ces essais complémentaires ne sont pas directement nécessaires, mais ils ont un très gros intérêt pour l'orientation de la sélection, en particulier dans le cadre d'une sélection réciproque : ils permettent un choix assez sûr des testeurs à employer.

Les premiers résultats sont déjà là pour confirmer la valeur de cette méthode, appliquée à la Station de Versailles depuis 1948 : les premiers hybrides doubles franco-américains en cours d'inscription au Catalogue surclassent nettement les hybrides américains de précocité comparable.

Les populations françaises de maïs précoce sont donc un matériel de sélection intéressant. On peut se poser les deux questions suivantes :

1° Il y a-t-il entre populations des différences nettes de valeur hybride, en particulier par rapport au matériel américain, qui semble génétiquement assez restreint?

2° La sélection des lignées pour leur valeur en tant que lignées

apporte-t-elle ou non une amélioration de la productivité moyenne de leurs hybrides?

Les travaux américains sur la valeur hybride (« combining ability ») sont très nombreux, mais ne concernent pas des populations gardées isolées comme les nôtres, car leur matériel semble avoir été très mélangé dès le départ de la sélection. Le cas particulier de populations précoces à grain corné croisées par des maïs à grain denté intéresse maintenant certains pays européens, mais n'a pas encore fait l'objet d'études systématiques.

Sur un plan plus général, les auteurs américains font état de différences significatives de valeur hybride entre origines distinctes — variétés synthétiques, descendances d'hybrides... — et insistent sur l'intérêt qu'il y a à étudier cette valeur hybride très tôt au cours des générations d'autofécondation. Ce test précoce (« early testing ») a été préconisé surtout par JENKINS et SPRAGUE et appliqué avec plus ou moins de rigueur par toute une école.

Quant à la deuxième question — effet de la sélection visuelle des lignées sur leur valeur hybride —, elle reste très controversée. Dans leurs expériences, JENKINS (1935), SPRAGUE et MILLER (1952) ont trouvé cet effet très faible, sinon inexistant, après la première génération d'autofécondation : c'est d'ailleurs un de leurs arguments en faveur du test précoce. Par contre, tout en ne niant pas l'intérêt de ce genre de test, SINGLETON et NELSON (1945), LONNQUIST (1950), WELLHAUSEN et WORTMAN (1954) ont présenté des résultats indiquant une certaine efficacité de la sélection généalogique sur la valeur hybride.

Dans le cadre limité de quelques populations françaises précoces, ces problèmes ont été abordés sous forme d'essais d'hybrides Trois Voies d'un type particulier : croisements entre un hybride simple américain et des mélanges de lignées S_1 venant de la première série d'autofécondation des populations de départ.

II. — POPULATIONS DE DÉPART ET PRÉPARATION DES ESSAIS

Au cours des années 1948 à 1952, le travail d'autofécondation n'a porté que sur un échantillonnage restreint, suffisant pour apprendre et pratiquer la sélection, mais insuffisant pour des essais d'une portée plus générale.

Ce n'est qu'à la suite d'une large prospection faite en 1952 par la Recherche Agronomique et les Directions des Services Agricoles que nous avons disposé d'un matériel français assez vaste : une quarantaine de populations précoces à grain corné jaune, venant surtout des vallées pyrénéennes (500 à 1000 m. d'altitude), mais aussi du Sud du Massif

Central et de quelques très petites cultures dans la région Nord (Aisne, Pas-de-Calais).

1° Ces différentes populations ont été autofécondées à Versailles en 1953 (S 0 → S 1), sur la base d'environ 25 plantes autofécondées et 20 épis récoltés par origine.

En 1954, il y avait ainsi 835 lignes S 1 en observation : ces jeunes lignées n'ont pas été autofécondées cette année-là, mais triées en lignées intéressantes à reprendre (série B) et lignées à éliminer (série M) d'après les critères habituels de sélection : tolérance au froid, précocité, résistance à la verse, état sanitaire des épis, etc... et surtout rendement en grain (fertilité, nombre de rangs et longueur des épis).

Les lignées retenues représentaient 20,3 p. 100 de l'ensemble. L'année 1954 avait été plus froide que la normale et la sélection pour la tolérance au froid et la précocité relativement sévère par rapport aux autres caractères.

Des semences des lignées B ont été reprises en 1955 pour être autofécondées systématiquement (S 1 → S 2).

Il y avait à ce moment-là 22 origines ayant plus de 3 numéros retenus. C'est sur ces 22 origines que les essais en question ont été réalisés.

2° Pour chacune de ces 22 origines, on a mélangé :

— un même nombre de grains de chaque lignée B (semences S 1 récoltées en 1953) ;

— un même nombre de grains de lignées éliminées M, de telle façon que la précocité moyenne des lignées M soit la même que celle des lignées B : ceci pour éviter au maximum les différences de rendement pouvant venir des différences de précocité (liaison négative rendement-précocité particulièrement importante chez le maïs).

Ainsi chaque population était représentée par deux mélanges de S 1, B et M, groupes séparés par la sélection visuelle et permettant de répondre à la question de l'effet sélection sur la valeur hybride. Quant à la valeur moyenne de la population, elle peut être jugée sur l'ensemble B + M.

Les 44 lots obtenus ont été semés en 1955 dans un champ isolé, castrés et croisés par un testeur hybride simple servant de mâle commun. Ce testeur américain, WH × WJ, est un des parents de l'hybride double W.255, bon témoin de rendement pour la région parisienne. Son choix résulte de quatre années d'observations et d'essais.

On disposait ainsi pour 1956 de 44 lots de semences hybrides Trois Voies « H.J × mélanges de S 1 », groupés en 2 séries B et M et 22 origines géographiques différentes.

3° Les 22 origines étudiées se répartissent comme suit :

Département	Localité	Dates floraison 1954	B	M	% Sél.
Basses-Pyrénées.....	Bedous	23 Juillet	4	7	15
	Béost A	23 Juillet	6	9	33
	Béost B	26 Juillet	3	10	14
	Laruns	27 Juillet	7	10	37
	St. Engrace	25 Juillet	3	11	21
	Urdos	17 Juillet	3	13	14
Hautes-Pyrénées.....	Arreau	26 Juillet	13	25	17
	Bareilles	26 Juillet	13	10	30
	Campan	20 Juillet	7	12	33
	Estarvielle	21 Juillet	16	19	28
	Esterre	27 Juillet	8	22	20
	Ste Marie	27 Juillet	8	17	31
	Sost	22 Juillet	5	9	28
Haute-Garonne	Luchon	24 Juillet	3	4	23
Ariège	*Aleu*	31 Juillet	4	11	27
	Massat	28 Juillet	5	5	33
Tarn		4 Août	7	5	23
Aisne	Cœuvres	25 Juillet	5	11	17
	Chavignon	24 Juillet	3	4	16
	Liesse	30 Juillet	8	13	35
Ardennes	*Dormance*	26 Juillet	4	8	20
Pas-de-Calais		25 Juillet	4	14	12

En regard de chaque origine figurent :

— la date moyenne de floraison en 1954 ;

— le nombre de lignées B et le nombre de lignées M utilisées pour chaque croisement ;

— le pourcentage des lignées retenues par rapport au total des lignées observées, total qui n'est pas égal à B + M des deux colonnes précédentes car toutes les lignées éliminées ne rentrent pas dans la série M pour la raison déjà dite de précocité moyenne à respecter.

III. — RÉSULTATS DES ESSAIS (1)

En 1956, 3 essais de ce type ont été mis en place :

Essai I. — Ferme Expérimentale de La Minière (S.-et-O.).

Essai II. — Exploitation de M. Bignon, à Choisel-en-Chevreuse (S.-et-O.).

Essai III. — Domaine d'Epoisses, de la Station d'Amélioration des Plantes de Dijon.

L'ensemble des 44 hybrides Trois Voies réalisés ne figurait que dans l'essai 1. Les deux autres n'en comprenaient que 20, faits à partir des 10 origines en italique dans la liste ci-dessus.

Dans chaque essai figuraient en plus 5 témoins hybrides doubles :

— 2 hybrides expérimentaux : V.197 et V.233, du type franco-américain,

(1) Ces essais ont été réalisés et analysés en collaboration avec MM. Caenen, Felix, De Fosseux, De Larambergue.

— 1 hybride du même type, inscrit au Catalogue Français : INRA 200 = (FV.2 × FV.7) × (H.J), obtention de la Station de Versailles,

— les 2 hybrides américains précoces, témoins habituels de nos essais : W.240 et W.255.

L'été 1956 a été particulièrement froid, mais l'ensemble de ces maïs a malgré tout mûri normalement.

De fortes tempêtes de vent au cours du mois d'août ont provoqué une verse en végétation dans les essais I et II, assez exceptionnelle sur des hybrides et favorisée par le peuplement dense réalisé dans ces essais (70 000 plantes/Ha) : cela n'a pas empêché les rendements moyens d'être bons (60 Qx/Ha).

Pour simplifier la présentation des résultats, ceux-ci ne seront pas donnés hybride par hybride, mais groupés :

— soit par origine (moyenne des 2 hybrides B et M correspondants),

— soit par séries B et M (moyennes des différentes origines).

A. — Essai I.

(Lattice carré balancé 7 × 7 à 4 répétitions).

Les différents tableaux de résultats comprennent 6 colonnes, relatives aux 6 éléments suivants :

P.F. = précocité de floraison en nombre de jours de décalage de la floraison mâle (20 p. 100 de plantes ayant émis du pollen) après le 16 juillet. Ex. : 5 = floraison le 16 + 5 = 21 juillet.

V.V = verse en végétation : p. 100 de plantes inclinées le 19 septembre.

V.R. = verse à maturité : p. 100 de plantes versées (épis à terre) le jour de la récolte (16 octobre).

Rt.Q = rendements en quintaux/Ha de grain à 15 p. 100 d'eau, corrigés par calcul de covariance pour la part aléatoire de la verse en végétation.

Rt.p. 100 = rendements relatifs en p. 100 de la moyenne des 44 hybrides Trois Voies.

H. p. 100 = Teneur en eau des grains au battage (5 novembre), indication de la précocité de maturité.

Résumons les indications données par ces chiffres :

a) **Précocité**. — En précocité de floraison, 4 origines pyrénéennes sont remarquables : Urdos, Campan, Estarvielle, Sost. Les plus tardives (Aleu, Massat, Tarn, Liesse) sont d'une précocité intermédiaire entre W.240 et W.255, hybrides cultivés avec succès dans la région parisienne.

Pour la précocité de maturité (p. 100 eau dans le grain), les résultats sont parallèles, à part le fait que les populations tardives présentent une teneur en eau supérieure à celle des hybrides W.240 et W.255 : cela s'explique par leur grain plus gros, séchant plus lentement.

b) **Verse**. — Aucun hybride Trois Voies n'a présenté la résistance à la verse de INRA 200, dans la formule duquel rentre également le testeur H × J.

Meilleures origines : Campan, Sost, St. Engrace, Liesse, Pas-de-Calais.

Origines les moins bonnes : Urdos, Massat, Tarn, Chavignon, Dormance.

TABLEAU I

Résultats pour chaque origine et pour les hybrides doubles témoins.

Origines	P. F.	V. V. %	V. R. %	Rt. Q.	Rt %	H %
Bedous	5	39	21	60,85	96,9	31,2
Béost A	5.5	30	10	61,15	97,4	32,5
Béost B	6	38	17	64,0	101,9	32,6
Laruns	6	35	14	63,8	101,6	32,75
St. Engrace	6,5	27	13	65,15	103,7	32,4
Urdos	0,5	41	36	55,4	88,2	30,2
Arreau	4,5	30	15	62,9	100,1	31,6
Bareilles	5	29	16	63,9	101,7	31,1
Campan	2	24	10	66,95	106,6	30,05
Estarvielle	2,5	33	17	64,45	102,6	30,0
Esterre	6	29	19	65,6	104,4	32,9
Ste Marie	6	33	15	62,3	99,2	32,4
Sost	3	27	8	63,05	100,4	31,0
Luchon A	4	29	14	62,6	99,7	32,55
Aleu	7	35	14	66,05	105,2	33,25
Massat	7	52	36	62,4	99,3	34,5
Tarn	9	45	27	60,3	96,0	34,65
Coeuvres	6	31	15	61,15	97,4	31,3
Chavignon	6	44	32	61,1	97,3	31,6
Dormance	6	48	32	59,5	94,7	31,85
Liesse	8	28	12	62,95	100,2	32,6
Pas-de-Calais	5,5	26	13	65,65	104,5	32,05
Moyenne	5,3	34,6	18,6	62,81	100	32,05
P. p. d. s. 0,05 (1)	1,0	8,6	6,9	4,0	6,3	1,04
Témoins H. D. :						
V. 197	6.5	22	8	69,6	110,8	33,5
V. 233	9	24	8	70,9	112,9	33,9
INRA 200	3,5	20	2	72,7	115,8	32,0
W.240	7,5	42	21	63,0	100,3	32,5
W.255	9,5	45	30	61,3	97,7	31,5
Moyenne des 5 H. D.	7,2	30,6	13,8	67,5	107,5	32,7
P. p. d.s. 0,05 (2)	1,4	12,2	9,7	5,6	8,9	1,47
Moyenne générale	5,5	34,2	18,2	63,29	100,8	32,13

(1) Différences significatives entre origines (2 hybrides par origine)
(2) Différences significatives entre 2 hybrides doubles.

c) **Rendements**. — Les rendements relatifs des 2 hybrides Trois Voies faits avec chaque origine vont de 88,2 (Urdos) à 106,6 p. 100 (Campan), le groupe de tête englobant des origines très variées (St. Engrace, Campan, Esterre, Aleu, Pas-de-Calais).

Pour les hybrides doubles témoins, cela va de 97,7 (W.255, très handicapé cette année par sa sensibilité au froid) à 115,8 p. 100 (INRA 200).

2° On peut essayer de grouper les 22 populations étudiées d'après

leur origine géographique ; le tableau 2 donne les moyennes des hybrides 3 Voies rentrant dans les 4 groupes suivants :

A) Basses-Pyrénées (les 6 premières origines du tableau I) ;

B) Hautes-Pyrénées (7), avec en plus la Haute-Garonne (Luchon) ;

C) Ariège (2) et Tarn (1) ;

D) Région Nord (les 5 dernières du tableau I).

TABLEAU II

	P. F.	V. V.	V. R.	Rt. Q	Rt. %	H %
Basses-Pyrénées	4,9	35 %	18 %	61,6	98,1	31,9
Hautes-Pyrénées	4,1	29	14	64,0	101,9	31,4
Ariège et Tarn	7,7	44	26	62,9	100,1	34,1
Région Nord	6,3	35	21	62,1	98,9	31,9

Ces quatre groupes sont assez bien individualisés. On peut schématiser ces résultats pour les 3 critères : précocité (floraison et maturité), résistance à la verse (en végétation et à la récolte) et rendement, de la manière suivante :

	Précocité	Résistance à la verse	Rendement
Basses-Pyrénées	+	—	—
Hautes-Pyrénées	++	+	++
Ariège et Tarn	— —	— —	+
Région Nord	—	—	—

Le groupe Hautes-Pyrénées est le meilleur. Les écarts de rendement entre groupes sont faibles : 3,8 p. 100 entre les extrêmes (Hautes et Basses-Pyrénées), la différence significative approchée étant dans le cas de cette comparaison de 2,4 p. 100.

3° Il reste pour cet essai à donner les moyennes relatives aux 22 hybrides faits avec les lignées retenues (B) et aux 22 hybrides faits avec les lignées non retenues par la sélection généalogique (M) : elles sont portées sur le tableau III pour les 6 caractères étudiés.

TABLEAU III

	P. F.	V. V.	V. R.	Rt. Q.	Rt. %	H. %
Trois Voies H. J × B.	5,5	32,8 %	16,7 %	63,8	101,6	32,1
Trois Voies H. J × M.	5,1	36,5	20,6	61,8	98,4	32,0
P. p. d. s. appr. entre B et M.	0,3	2,6	2,1	1,2	1,9	0,3

Les différences entre B et M sont significatives pour la précocité de floraison (M plus précoce), la verse (M plus sensible à la verse) et le rendement (B meilleur que M).

La supériorité de rendement des B (3,2 p. 100) s'explique en partie

par leur moindre sensibilité à la verse. Les rendements ont été déjà corrigés pour la partie purement aléatoire de la verse. Avec l'hypothèse, assez critiquable, de l'indépendance des deux caractères rendement et verse en végétation, il est possible de calculer des rendements théoriques en l'absence de verse, à partir du coefficient de régression rendement/verse. Cela ramène la différence B-M de 3,2 p. 100 à 1,7 p. 100 ; cette dernière valeur correspond à une estimation minima de la différence de productivité, qui n'est plus alors nettement significative, mais toujours dans le même sens.

B. — Essais II et III.

Ils comprenaient, avec 3 répétitions dans chaque essai, les mêmes 25 hybrides dont 20 hybrides Trois Voies venant de 10 origines.

Les rendements relatifs des hybrides Trois Voies ayant été très voisins de leurs homologues figurant dans l'essai I, les résultats par origine seront donnés par le groupement des 3 essais faisant l'objet du paragraphe suivant.

Le tableau IV donne uniquement, pour chaque essai, les moyennes des séries B, M et hybrides doubles (les 5 mêmes témoins que dans l'essai I). Les différences significatives indiquées ont été calculées pour la comparaison des valeurs de B et M, chacune étant la moyenne de 10 hybrides.

Tableau IV

		V. R.	Rt. Q.	Rt. %	H. %
Essai II	B	27	55,0	101,0	36,4
(Chevreuse)	M	33	53,9	99,0	35,9
P. p. d. s. pour B-M		5,2	2,0	3,7	0,5
	H. D.	27	59,6	109,4	35,3
Essai III	B		62,1	100,5	37,1
(Dijon)	M		61,5	99,5	37,2
P. p. d. s. pour B-M			2,0	3,2	0,5
	H. D.		64,8	104,8	36,1

V.R. — Verse à la récolte. Dans l'essai II, on retrouve la même différence en faveur des B, ici juste significative. Dans l'essai III, il n'y a pratiquement pas eu de verse : elle n'a pas été notée.

Rendement. — Il y a dans chaque essai une très légère différence B-M, non significative, moins forte que dans l'essai I, mais chaque fois dans le même sens, en faveur des B.

Comme dans l'essai I, la moyenne des hybrides doubles témoins est nettement supérieure à la moyenne des hybrides Trois Voies.

H. p. 100. — Pour la teneur en eau des grains au battage, la différence B-M est juste significative dans l'essai II, pratiquement nulle dans l'essai I.

C. — Groupement des résultats pour les 10 origines (20 hydrides) figurant dans les 3 essais.

Pour les 20 hybrides en commun dans les 3 essais, il est possible de tenter une interprétation d'ensemble de type factoriel avec comme effets principaux 10 origines, 2 séries B et M et 10 répétitions.

L'analyse de la variance pour les rendements (exprimés en dixièmes de Qx/Ha) se présente ainsi :

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés d'indép.	Variance	F	F limite 0,05	Signif.
Effets principaux :						
Répétition R	327 630	9	36 403	20,2	2,0	S
Sélection B	16 399	1	16 399	9,1	3,9	S
Origine O.....	56 744	9	6 305	3,5	2,0	S
Interactions :						
B–O	16 036	9	1 785	< 1	2,0	N.S.
R–B	12 730	9	1 414	< 1	2,0	N.S.
R–O	144 908	81	1 789	< 1	1,6	N.S.
Erreur résiduelle....	145 914	81	1 801			
Variation totale	720 361	199				

On peut en tirer les conclusions suivantes :

1° Les différentes interactions, calculées grâce à ce système d'interprétation, ne sont pas significatives : donc les origines n'ont pas eu un comportement nettement différent suivant le lieu des essais, l'effet sélection a joué partout de la même manière, et cet effet sélection n'a pas été statistiquement variable suivant les origines.

Ceci justifie l'interprétation d'ensemble et confirme la valeur des conclusions que l'on peut en tirer.

2° L'effet sélection B/M, que l'on n'avait pas trouvé significatif dans les essais II et III, l'est ici nettement (rapport F = 9,1).

Pourtant la différence B-M finalement obtenue n'est pas énorme :

— la moyenne des 100 parcelles B = 60,88 Qx/Ha,

— la moyenne des 100 parcelles M = 59,07 Qx/Ha,

— la différence B-M = 1,8 Qx/Ha est en valeur relative de 3 p. 100.

TABLEAU V

Origine	Rt. Q	Rt. %	V. R.	H. %
Aleu.....	62,8	104,6	23	36,0
Esterre	62,6	104,4	18	35,4
Bareilles	61,5	102,6	20	33,5
Laruns.....	60,1	100,1	26	34,8
Chavignon	59,8	99,7	38	34,3
Massat.....	59,3	98,9	31	37,0
Tarn	58,9	98,3	28	37,1
Dormance	58,6	97,6	37	34,3
Liesse	58,3	97,1	14	36,6
Sainte-Marie.....	57,8	96,4	20	34,4

3° Il y a également des différences significatives entre origines.

Le tableau V donne le classement des 10 origines en cause, par ordre de rendement décroissant, avec les valeurs correspondantes en Qx/Ha et en p. 100 de la moyenne. On y a ajouté la verse à la récolte, moyenne des essais I et II, et l'humidité des grains au battage, moyenne des 3 essais.

Le calcul de la plus petite différence significative (2,7 Qx/Ha = 4,4 p. 100) permet de séparer les meilleurs des moins bons, mais il est plus intéressant de faire une analyse détaillée par la séparation des 9 degrés d'indépendance relatifs à ces origines, c'est-à-dire par 9 comparaisons successives correspondant chacune à une certaine part de la variation « origine ».

Ce découpage en 9 degrés de liberté indivuels peut se faire de plusieurs manières ; en voici une, dont les groupes sont basés sur les différences de rendement observées :

Comparaisons successives	Variance correspondante	F	Signification
1° 3 premiers/7 autres	47 021	26,11	Haut. signif.
2° Aleu, Esterre/Bareilles	1 833	1,02	N. S.
3° Aleu/Esterre	13	0,01	N. S.
4° Laruns, Chavignon/5 derniers	5 073	2,81	Presque S.
5° Laruns/Chavignon	76	0,04	N. S.
6° Massat, Tarn/3 derniers	2 053	1,14	N. S.
7° Massat/Tarn	152	0,08	N. S.
8° Liesse, Dormance/Sainte-Marie	433	0,24	N. S.
9° Dormance/Liesse	90	0,05	N. S.
	56 744 (somme des carrés « Origine »)		

Ceci permet d'établir pour ces 10 origines 4 groupes de valeur en hybride, le 1° très significativement supérieur à l'ensemble des 3 autres, le 2° presque significatif par rapport à l'ensemble des 2 derniers, les 3° et 4° non différents entre eux, mais le 4° seul étant significativement inférieur au 2° comme le montrerait une autre série de comparaisons, non détaillée ici.

Le dernier tableau indique les valeurs moyennes de ces quatre groupes pour les mêmes éléments que dans le tableau V.

TABLEAU VI

Origine	Rt. Q	Rt. %	V. R. %	H. %
Aleu, Esterre, Bareilles	62,3	103,9	20	35,0
Laruns, Chavignon	59,9	99,9	32	34,5
Massat, Tarn	59,1	98,6	29	37,0
Dormance, Liesse, Sainte-Marie	58,2	97,1	24	35,1

Le groupe des trois hybrides ayant le meilleur rendement est aussi celui qui a le moins versé. Mais cette relation ne se retrouve pas dans les autres groupes et l'on peut penser que les différences de rendement observées ne sont pas dues uniquement à la verse. Ce groupement n'a rien de géographique : il faut noter cependant que dans le groupe de tête figurent 2 origines Hautes-Pyrénées et dans le groupe de queue 2 origines Région Nord, ce qui correspond aux conclusions du groupement géographique fait à partir des 22 origines de l'essai I.

IV. — DISCUSSION

1. — Différences de valeur hybride entre origines.

a) Les différences de rendement ne sont pas très fortes, mais significatives. Certaines populations des Hautes-Pyrénées (Campan, Bareilles, Esterre) se distinguent par des valeurs intéressantes non seulement pour le rendement, mais en même temps pour la précocité et la résistance à la verse de leurs hybrides.

On trouve par ailleurs dans chaque groupe géographique de bonnes origines (Laruns, Aleu, Pas-de-Calais) et de moins bonnes (Urdos, Ste Marie, Dormance, Liesse).

Les origines bonnes en hydride ne correspondent spécialement ni à des populations où l'on a été amené à faire le plus grand nombre d'autofécondations de départ, ni à des séries où la proportion de lignées S 1 retenues est supérieure à la moyenne.

b) Ces différences de valeur hybride doivent permettre d'orienter la sélection : on aura d'autant plus de chances de fixer des lignées de bonne valeur hybride que la valeur moyenne de la population sera plus élevée.

Les études déjà citées de SPRAGUE (1946 et 1952), de LONNQUIST (1950), de WELLHAUSEN (1954) ont bien montré en effet que le tri des départs de sélection pour leur valeur hybride était efficace. Leurs travaux portaient sur des S_1 traitées individuellement et sur leurs descendances et confirmaient l'intérêt du « test précoce ».

Bien que dans notre étude il ne s'agisse pas de lignées individuelles, la conclusion pratique est la même : dans les deux cas, on fait porter l'effort maximum de sélection là où il est en moyenne le plus rentable, c'est-à-dire sur les souches de bonne valeur hybride moyenne. Cela ne veut pas dire que certaines lignées tirées d'une moins bonne origine ne peuvent être intéressantes : c'est une question de probabilité et d'effectifs suivis, c'est-à-dire une question de moyens de travail.

L'emploi de mélanges de S 1, utilisés ici dans un autre but, n'est pas logique pour ce choix des bonnes origines : on gagne du temps en croisant directement les populations.

c) Ces résultats concernent des hybrides faits avec un seul et même testeur. Il ne s'agit donc pas d'une valeur en association générale par rapport au matériel américain.

Cependant, dans d'autres essais et en particulier dans des essais Trois Voies réciproques, où l'on étudiait l'un par rapport à l'autre les 2 groupes « Maïs européens cornés » et « Maïs américains dentés », nous avons pu constater la faiblesse relative des interactions entre ces 2 groupes : les lignées bonnes en hybride avec un testeur le sont généralement avec les autres testeurs du même groupe, à quelques exceptions près. Le travail sur un testeur garde donc une valeur assez générale dans le cadre du schéma de sélection réciproque considéré.

Mais ce n'est pas une raison suffisante pour négliger les associations spécifiques potentielles, non encore révélées par le testeur en cours d'emploi. La poursuite de la sélection pour la valeur hybride entraîne l'évolution des testeurs, leur changement progressif. Une lignée moyenne avec un premier testeur peut se révéler par exception très bonne avec le suivant.

En bref, dans le programme basé sur le testeur en cours d'emploi, les résultats des hybrides Trois Voies servent à la mise au point des meilleurs hybrides doubles impliquant ce testeur : ils sont d'une utilité immédiate. Pour l'avenir, il faut conserver toutes les potentialités spécifiques du matériel disponible : pratiquement on n'élimine aucune lignée « correcte » en elle-même à cause d'une valeur hybride insuffisante avec un seul testeur.

2. — Différence de valeur hybride moyenne entre lignées retenues et non retenues.

Les valeurs moyennes des séries B et M marquent une supériorité des hybrides faits à partir des jeunes lignées S 1 retenues par la sélection généalogique. Le gain de rendement sur l'ensemble des essais est faible (3 p. 100), mais significatif.

On ne peut affirmer d'emblée que cela correspond à la différence exacte de productivité. Car deux caractères autres que la capacité de rendement ont pu jouer :

a) **La précocité**. — Bien que l'on ait choisi des lignées B et M de même précocité moyenne pour chaque origine, on a trouvé dans l'essai I une très légère différence significative de précocité de floraison (0,4 jour) en faveur des M et dans l'essai II une différence dans le même sens de précocité de maturité, très faible également (0,5 point d'humidité) ; les autres notations n'ont montré aucune autre différence.

La précocité étant liée dans certaines limites à une moindre potentialité de rendement, la série M peut paraître désavantagée : avec l'expé-

rience que l'on a maintenant de ces corrélations, des différences aussi minimes n'ont pu jouer un rôle notable sur le rendement. On a le droit de les négliger.

b) **La verse**. — Il y a sur le maïs 2 sortes de verse :

— la verse en végétation par faiblesse d'enracinement, qui influe certainement sur le rendement ;

— la verse à maturité par pourriture des bases de tiges, qui peut influer sur le rendement en culture normale car les épis à terre sont souvent perdus, mais qui ne doit pas jouer dans le cas de parcelles d'essais très soigneusement récoltées à une date normale.

Il y eut de la verse en végétation, après floraison, dans les essais I et II. Dans l'essai I, où elle a été notée de façon précise, un tiers des plantes (34,2 p. 100) étant en moyenne inclinées, mais non à terre. La différence B-M était significative pour cette verse : on a vu que l'on pouvait chiffrer une estimation minima de la différence de rendement B-M en l'absence de verse à 1,7 p. 100, au lieu des 3,2 p. 100 réels.

Dans l'essai II, il n'y a pas eu de notation en végétation, mais uniquement à la récolte : la différence B-M de verse à la récolte, dans laquelle une bonne part vient de la pourriture des tiges, était juste significative. La part de la verse en végétation dans la différence de rendement observée (2 p. 100) est certainement faible, mais impossible à préciser.

Dans l'essai III, où il n'y a pas eu de verse en végétation, la différence B-M a été plus réduite (1 p. 100).

On peut donc admettre que la différence de productivité moyenne était comprise entre 1 et 2 p. 100.

Si faible soit-il, cet effet de la sélection sur la productivité des hybrides est intéressant ; la différence B-M de résistance à la verse est aussi, bien entendu, intéressante, mais elle est normale puisque la sélection a porté sur ce caractère.

Il est important de constater que la sélection visuelle des lignées entraîne un léger gain de la valeur hybride moyenne des populations de départ.

Ce résultat est en très bon accord avec les travaux de WELLHAUSEN (1954), qui a étudié cette question au Mexique en comparant les valeurs hybrides de jeunes lignées S 1 et de leurs descendances S 3, et qui conclut : « la sélection visuelle à partir des S 1 a entrainé un gain de valeur hybride, assez faible, et ceci uniquement dans les cas où les hybrides étaient essayés sous les mêmes conditions que celles de la sélection des lignées correspondantes. » C'était notre cas, car les deux années, 1954 au cours de laquelle avait été fait le tri des S 1, et 1956, année des essais, ont été des années froides assez comparables pour leur action sur le comportement du maïs. L'adaptation à des conditions données est peut-être une des causes majeures de ce gain de valeur hybride des lignées retenues.

De toutes façons, l'obtention de lignées correctes est nécessaire pour la production de semences des hybrides. Ces lignées seront d'autant plus correctes que la sélection généalogique aura été plus sévère. Dans la mesure où cette sévérité n'entraîne pas l'élimination de matériel intéressant en hybride, et c'est ce que tendent à prouver ces essais, elle est doublement justifiée.

3. — Comparaison des Trois Voies aux Hybrides doubles.

Les cinq hybrides doubles témoins comprenaient :

— 3 hybrides du type Franco-Américain,

— 2 hybrides Wisconsin de précocité comparable (W.240 et W.255).

Les rendements de ces deux groupes par rapport au rendement moyen des Trois Voies de chaque essai sont donnés ci-dessous, en Qx/Ha :

	Trois Voies	H. D. F-A	H. D. W.
Essai I	62,8	71,1	62,1
Essai II	54,4	62,9	54,7
Essai III	61,8	66,2	62,8
Moyenne	59,7	66,7	59,9
%	100	111,7	100,3

Les Trois Voies, faits avec du matériel non sélectionné pour la valeur hybride mais tolérant au froid, ont des rendements équivalents aux hybrides américains, hautement sélectionnés pour leur productivité mais très handicapés par les conditions climatiques françaises, surtout en année froide comme 1956. Toute sélection pour la valeur hybride à partir de matériel adapté peut donc entraîner des gains de rendement très intéressants.

C'est ce que confirme la valeur relative des hybrides doubles Franco-Américains : un gain d'environ 10 p. 100, comme celui qui ressort de ces essais, représente une estimation de ce que l'on peut raisonnablement espérer de la sélection pour la valeur hybride à l'intérieur des descendances des origines testées. Et même, comme le matériel de départ de cette nouvelle sélection est nettement plus vaste que celui qui a donné naissance à ces hybrides doubles, il est possible que ce gain soit supérieur.

4. — Essais complémentaires à réaliser.

Nous avons gardé des restes de semences de ces hybrides Trois Voies : nous les comparerons aux Trois Voies faits avec le même testeur à partir des meilleures lignées S 3 issues des mêmes origines. Ces essais permettront :

a) De voir dans quelle mesure les lignées remarquables en hybride

proviennent finalement des populations qui avaient la meilleure valeur hybride moyenne avec le même testeur.

b) De chiffrer le gain de valeur hybride que peuvent apporter les 2e et 3e années de sélection généalogique, cette sélection étant faite uniquement d'après les caractères des lignées.

Ces essais permettront aussi de refaire la comparaison B-M pour juger de la constance des résultats.

CONCLUSION

Ces essais permettent de préciser les éléments suivants, applicables à la sélection à l'intérieur de populations de maïs pour leur valeur hybride par rapport à un groupe génétiquement très différent :

1° Des test précoces sur les populations permettent de faire porter l'effort principal de sélection sur les populations les plus intéressantes, sans éliminer automatiquement les autres.

2° Une sélection généalogique sévère pendant les 2 premières années d'autofécondation, dont on sait déjà l'utilité sur le plan de l'adaptation, est également utile sur le plan du rendement, car :

a) Elle permet d'avoir des lignées faciles à manier et à multiplier ;

b) Elle semble augmenter légèrement la productivité moyenne des hybrides.

3° Dans ces conditions, il semble préférable de ne tester la valeur hybride individuelle des lignées qu'après cette sélection sévère, le nombre d'hybrides pouvant être mis en essai étant le facteur limitant sur le plan matériel : il vaut mieux trier beaucoup de jeunes lignées pour leur valeur propre et n'en conserver que peu pour étudier leurs hybrides, plutôt que de faire des tests précoces systématiques.

Bien entendu, le problème est différent lorsqu'il s'agit de juger des jeunes lignées de 2e ou 3e cycle de sélection, la proportion de lignées ayant une valeur propre satisfaisante étant alors plus élevée.

RÉSUMÉ

1. La valeur hybride (« combining ability ») de 22 populations françaises de maïs précoce à grain corné a été analysée en croisement avec un hybride simple américain à grain denté sous forme d'hybrides Trois Voies d'un type particulier : chaque population était représentée par deux mélanges de jeunes lignées S 1, l'un fait à partir des lignées retenues par la sélection visuelle, l'autre comprenant les lignées éliminées. Cette séparation a été faite pour tenter de préciser dans notre cas particulier la ques-

tion très controversée de l'action de la sélection généalogique des lignées sur leur valeur hybride.

2. Des différences significatives entre les origines ont été mises en évidence. Certaines populations des Pyrénées se sont révélées particulièrement intéressantes. Ces résultats permettent de faire porter l'effort maximum de sélection des lignées sur les origines présentant la meilleure valeur hybride moyenne.

3. Les hybrides réalisés à partir des jeunes lignées retenues en sélection généalogique se sont montrés supérieurs à ceux qui faisaient intervenir les lignées éliminées. Le gain moyen de rendement était faible (3 p. 100) mais significatif sur l'ensemble des essais.

Un tri sévère des lignées pour leur valeur propre au cours des premières générations d'autofécondation, tri qui reste une nécessité, ne semble donc pas entraîner la perte de matériel intéressant pour sa valeur hybride, mais au contraire semble renforcer la valeur hybride moyenne des populations de départ.

Ce point est à vérifier dans des essais ultérieurs d'hybrides Trois Voies entre le même testeur hybride simple américain et les lignées individuelles issues des mêmes populations.

SUMMARY

Study of some french open-pollinated varieties of early corn : experiments on combining ability.

1. 22 french open-pollinated varieties of early flint corn have been analysed for their combining ability with an american dent single-cross (three-way cross performance) : each variety was represented by two mixtures of young S1 lines, one constituted by the lines chosen by visual selection, the other including the discarded lines. This distinction has been made to try to precise, in our particular case, the controversed question of the action of the visual selection of lines upon their combining ability.

2. Significative differences between the origins have been found. Some Pyrenean varieties were particularly good : so, it is interesting to put the stress on the origins showing the best average combining ability.

3. The hybrids realised with the young lines chosen for their visual characteristics have been superior to those using the discarded lines. The average increase of yield was small (3 per cent), but significant for all the experiments. The discarding of lines for their visual characteristics during the first generations of selfing, does not seem to correspond to the loss of a material interesting for its combining ability, but on the contrary seems to reinforce the average combining value of the original material. This point has to be confirmed in further experiments of three-way crosses between the same american single-cross used as a tester and the same lines after several years of inbreeding with visual selection.

РЕЗЮМЕ

Изучение нескольких французских популяций ранней кукурузы : определение гибридной ценности.

Кс. ЛАСКОЛЬ.

1. — Гибридная ценность (combining ability) 22-х французских популяций ранней кукурузы с роговитым зерном (flint) была изученна в скрещивании с простым американским зубовидным гибридом в форме трех-путевого гибрида, особаго типа : каждая популяция была представленна двумя смесями молодых поколений S1, одна, от линий выбранных зрительной селекцией, другая от линий, отстраненных от селекции. Это подразделение было сделанно с намерением уточнить, в нашем частном случае, спорный вопрос действия генеалогической селекции линий на гибридную ценность.

2. — Были выявленны действительные разницы между различными происхождениями. Некоторые популяции с Пиренеев оказались особенно интересными. Эти результаты позволяют направить максимальное усилие селекции линий на происхождения, дающие лучшую среднюю по гибридной ценности.

3. — Гибриды, полученные от молодых линий, удержанных в генеалогической селекции, оказались выше тех, где употреблялись выбракованные линии. Прирост урожая был слабый (3 0/0) но, действительный для всех опытов.

Строгий отбор линий по их собственной ценности в первых генерациях самоопыления, отбор остающийся необходимостью, по видимому, не влечет за собой потери материала, интереснаго по гибридной ценности, по напротив укрепляет среднюю гибридную ценность исходных популяций. Это положение нужно проверить в будущих опытах с трехпутевыми гибридами, между, тем-же американским простым гибридом-производителем и индивидуальными линиями, полученными от тех-же популяций.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchung über einige französische Populationen von frühem Maïs. Versuche über Kombinationsfähigkeit.

1. Die Kombinationsfähigkeit (combining ability) von 22 frühen französischen Populationen von Hartmaïs wurde durch Kreutzung mit einem einfachen amerikanischen Zahnmaïshybrid (Dreifache Kreutzung) in folgendem Wege untersucht : jede Population war durch zwei Mischungen junger S1 Linien vertreten : die eine, hergestellt aus Linien die, durch einfache Auslese beibehalten wurde, die andere, aus Linien die durch die Auslese ausgewertzt wurden. Der Ziel dieser Trennung war, den Einfluss der genealogischen Züchtung auf die Kombinationsfähigkeit zu erforschen.

2. Man erkannte bedeutende Unterschiede zwischen den Herkünften. Einige Populationen aus den Pyrenäen erwiesen sich als sehr interressant, so ist es möglich diese Populationen, welche die beste durchschnittliche Kombinationsfähigkeit aufweisen am meisten der Auslese zu unterwerfen.

3. Die mit den beibehaltenen Linien hergestellte Hybride, waren derren

mit den ausgemärzen Linien hergestellte, überlegen. Der durchschnittliche Ertragsgewinn war schwach (3 %) aber statistisch, für die gesammten Versuche, gesichert. Eine strenge Auslese der Linien für ihre übrige Eigenschaften, während der ersten Inzuchtgenerationen, Auslese die eine Notwendigkeit ist, scheint also nicht einen Verlust an gutem, kombinationsfähigem Material, als Folge zu haben. Sie scheint, im Gegenteil, die Kombinationsfähigkeit der Ursprungspopulation zu heben.

Diesen Punkt muss noch in weiteren Versuchen nachgeprüft werden. Das Versuchsmaterial wird aus dreifachen Kreutzungen zwischen dem selben einfachen americanischen Hybrid und individuelle Linien die aus der selben Populationen gezogen wurden, bestehen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Lonnquist (J. H.). — The effect of selection for combining ability within segregating lines of corn. *Agron. J.*, XLII, 503-508, 1950.
(2) Sprague (G. F.). — Early testing of inbred lines of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* XXXVIII, 108-117, 1946.
(3) Sprague (G. F.). — Corn and corn improvement. Corn breeding p. 221-283. New York (Academic Press Inc., Publishers), 1955 (1).
(4) Sprague (G. F.) and Miller (P. A.). — The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. *Agron. J.*, XLIV, 258-262, 1952.
(5) Wellhausen (E. J.) and Wortman (L. S.). — Combining ability of S1 and derived S3 lines of corn. *Agron. J.*, XLVI, 86-89, 1954.
(6) Cauderon A. et Lascols X. — Contribution apportée à l'Amélioration du Maïs. B.T.I. N° 105, 763-770, 1955.

(1) Ce livre représente la mise au point la plus complète de tous les problèmes généraux de l'Amélioration du Maïs, et donne des références bibliographiques particulièrement nombreuses.

LA RÉSISTANCE AU CHARBON NU CHEZ L'AVOINE CULTIVÉE

PAR

C. MOULE

Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Introduction.**
II. — **La maladie et son agent.**
III. — **La résistance variétale.**
Méthodes d'étude.
Mécanisme et mesure de la résistance.
Spécificité de la résistance.
Mode d'hérédité de la résistance.
IV. — **L'amélioration génétique de la résistance des variétés françaises.**
Comportement d'une collection de variétés françaises et étrangères.
Travaux d'amélioration.
V. — **Conclusion.**
VI. — **Résumé.**
VII. — **Références bibliographiques.**

I. — INTRODUCTION

Le charbon nu demeure la maladie la plus commune de nos champs d'avoine. Chaque année, quelques unités pour mille, voire pour cent de notre récolte, c'est-à-dire plusieurs dizaines de milliers de quintaux, sont perdus par suite des attaques de ce champignon.

L'agent de cette maladie — *Ustilago Avenae* (Pers) Jens. — est pourtant un parasite contre lequel de nombreux procédés de lutte chimique ont été mis au point (formol, composés cuivriques, organo-mercuriques).

La raison de sa non disparition paraît bien résider, pour une part, dans la négligence de l'agriculteur, voire de l'organisme distributeur de semences, à effectuer les traitements : la rareté des plantes charbonnées dans un champ de multiplication conduit trop souvent à négliger le traitement d'une semence pourtant très probablement contaminée. Une

autre raison paraît néanmoins résider dans les résultats aléatoires donnés par la lutte chimique : ou bien la méthode d'emploi n'est pas respectée, ou bien l'efficacité du produit est en jeu ; dans la gamme des produits organo-mercuriques notamment, un choix difficile est à réaliser entre des produits à faible teneur en mercure, sans action sur la faculté germinative des semences, mais susceptibles de laisser un faible pourcentage de grains contaminés et des produits à forte teneur en mercure, de grande efficacité, mais pouvant avoir une action nocive sur l'embryon.

Il demeure donc que la réussite de la lutte chimique est étroitement liée à l'observance rigoureuse de certains modes d'emploi et que cette méthode ne résoud que partiellement le problème.

Une solution définitive devrait pouvoir, au contraire, être trouvée dans le remplacement des variétés sensibles par des variétés génétiquement résistantes. C'est pourquoi des travaux ont été entrepris depuis un certain nombre d'années (1910-1920) à l'étranger et en France, qui ont eu pour but de rechercher dans les types sauvages ou cultivés des facteurs génétiques de résistance et à les associer, par voie d'hybridation, aux meilleurs caractères culturaux. Il faut citer, hors d'Europe, les travaux de Reed, Stanton, Coffman, Murphy, Holton aux États-Unis, d'Aamodt, Gussow, Conners et Platt au Canada. En Europe, d'importantes recherches ont été effectuées par Nicolaisen, Zade, Rosenstiel et Roemer en Allemagne, par Vavilov en Russie, par Pohjkallio en Finlande, par Radulescu en Roumanie, par Sampson et Davies en Angleterre.

En France, ce problème a été abordé en 1932 à la Station d'Amélioration des Plantes de Dijon par Crepin, Bustarret et Chevalier. En 1938, ces auteurs publient leurs premières observations sur le comportement d'une collection de variétés françaises et étrangères à l'égard de la provenance « Dijon » de charbon nu. Parmi ces dernières, des types hautement résistants ont été détectés. En 1939, Mme Friedberg complète ces observations et met en évidence la moindre sensibilité de quelques-unes des variétés alors inscrites au Catalogue français à l'égard d'une provenance de la région de Versailles.

Depuis lors, nombre de variétés nouvelles sont entrées en culture, dont le comportement à l'égard du charbon nu a été l'objet d'une étude à la Station de Versailles (1952-1956).

Par ailleurs, le travail d'hybridation entrepris à la Station de Dijon a été poursuivi et développé à la Station de Versailles.

Quelques-unes des observations réalisées au cours de ces travaux et les conclusions que l'on peut en tirer, à la fois sur le caractère résistance et sur les possibilités offertes par l'amélioration génétique de nos variétés dans ce domaine, font l'objet de ce mémoire.

II. — LA MALADIE ET SON AGENT

1. — La maladie.

Le charbon nu de l'avoine ne se manifeste de façon très visible qu'après l'épiaison de la plante. A la place des épillets plus ou moins verdâtres et pourvus de leurs organes reproducteurs, les panicules de plantes infectées portent des masses noirâtres, généralement pulvérulentes, parfois de consistance assez dure, formées de spores brun-noirâtres que le vent dissémine sur les panicules saines voisines.

Ces spores ou chlamydospores, de forme globuleuse, de petite taille (diamètre 6-10 μ) sont celles d'un champignon basidiomycète du groupe des Ustilaginales, *Ustilago Avenae Pers.* En France, et plus généralement en Europe, l'espèce *U. Avenae* à chlamydospores échinulées est la plus répandue. Elle détruit pratiquement tout l'appareil floral : c'est le charbon nu. Une autre espèce *U. levis*, à spore lisse, ne détruit que l'ovaire de la fleur, respectant glumes et glumelles : c'est le charbon vêtu. Rare en Europe, inconnu en Australie, il est très répandu en Amérique du Nord. Le charbon nu est partout très répandu.

2. — Cycle évolutif d'U. Avenæ.

La contamination du grain se produit à la floraison par transport des chlamydospores sur l'ovaire ou les enveloppes de la fleur. La plupart y resteront en repos jusqu'à la germination de l'embryon. Quelques spores cependant, ayant atteint leur maturité physiologique, peuvent germer sur les stigmates, sur les parois de l'ovaire ou sur les glumelles ; elles donnent alors naissance à un mycelium de repos. Mais ce mycelium demeure toujours extérieur à l'embryon. Quelle que soit la précocité de germination de la spore, l'infection de la plante, c'est-à-dire la pénétration du champignon dans l'embryon n'a lieu qu'à la germination de ce dernier. Le charbon nu de l'avoine est, à l'opposé des charbons nus du blé et de l'orge, un charbon à contamination florale mais à infection germinative.

Après pénétration dans la plantule, le champignon développe un mycélium qui gagne le point végétatif et progresse au cours de la montée en même temps que celui-ci. A l'approche de l'épiaison, ce mycélium émet au niveau des organes floraux les chlamydospores, agents de la contamination.

Diverses études ont montré que ces spores sont, à maturité, uninucléées diploïdes. A leur germination dans le sol, elles émettent un promycélium formé de 4 cellules. Chacune d'elles donne naissance à une sporidie

uninucléée haploïde. La réduction chromatique se produirait donc à la formation du promycélium.

Ces sporidies, sur certains milieux, peuvent se multiplier comme des levures. Généralement il y a fusion sexuelle. Toutes les études réalisées sur ce sujet ont démontré l'existence d'une bipolarité sexuelle : chaque promycélium donne naissance à 2 sporidies (+) et à 2 sporidies (—). La répartition des sexes sur le promycélium est par contre variable : dans 73 analyses de tétrades, NICOLAISEN a rencontré 6 types de répartition avec les fréquences suivantes :

+ + — — 15	+ — + — 14	— + — + 13
— — + + 14	+ — — + 11	— + + — 6

D'après cette statistique, dans 40 p. 100 des cas, il y aurait eu pré-réduction, dans le reste des cas, post-réduction. Selon HUTTIG et DICKINSON, ce rapport serait sous la dépendance de facteurs externes (température, milieu nutritif).

Les conjugaisons entre sporidies issues d'un même promycélium ou de promycéliums différents sont toutes également possibles. L'allogamie apparaît donc être la règle. Comme corollaire, l'étude de différents caractères (aspect des colonies, croissance sur certains milieux, pouvoir pathogène) de lignées monosporidiales a toujours démontré le caractère hétérozygote de la chlamydospore parentale : des conséquences importantes en résultent pour l'étude du comportement des variétés à l'égard des populations de ce parasite.

Le résultat de la fusion sexuelle est un mycélium dicaryotique. C'est ce mycélium qui pénètre dans la jeune plantule et que l'on retrouve au voisinage du point végétatif.

3. — Le parasite et le milieu extérieur.

Les facteurs du milieu, température et humidité, ont une influence certaine sur le développement du parasite. Les conclusions les plus contradictoires ont été cependant tirées des études entreprises à ce sujet.

Selon BREFELD, une température basse, ralentissant la croissance de l'avoine, favorise l'envahissement de la plantule par le champignon : sur des plantules ayant germé à 7°C il obtient des taux d'infection supérieurs à ceux obtenus avec une germination à 15°C. Des résultats identiques ont été obtenus par RAVN, CLINTON et HILTNER.

Par contre HERZBERG a établi que l'intervalle optimum de température pour la germination des sporidies et la croissance des mycéliums dicaryotiques se situe entre 18°C et 26°C. JONES et JOHNSTON arrivent à des conclusions semblables. KITUNEN estime également que le pourcentage de charbon à une température inférieure à 10°C est plus faible que celui obtenu entre 18°C et 20°C.

Il est probable que la contradiction des résultats vient, en partie, de l'intervention d'un facteur limitant, l'humidité. Selon JONES et JOHNSTON l'humidité la plus favorable à la germination des spores serait voisine de 30 p. 100.

Il est probable également que certaines contradictions viennent de l'observation seule des pourcentages de plantes charbonnées. Or les conditions de milieu favorables aux débuts de l'infection peuvent différer de celles relatives au développement ultérieur du mycélium dans la plante et de sa sporulation finale ; l'influence du milieu au cours de cette dernière phase n'a pas été, jusqu'à ce jour toutefois, étudiée de façon précise.

L'on peut conclure que les conditions les plus favorables à l'infection paraissent reposer sur un certain équilibre température-humidité dont le contrôle en plein champ demeure difficile. Il semble toutefois qu'une température voisine de 15°C à 20°C et une humidité voisine de 30 p. 100 de la capacité de rétention du sol soient proches des conditions optima pour le début de l'infection

III. — LA RÉSISTANCE VARIÉTALE

Les nombreux travaux réalisés sur ce sujet ont montré que dans toutes les espèces du genre *Avena*, aussi bien cultivées que sauvages, existent des variétés hautement résistantes au charbon nu.

Parmi les espèces sauvages ou très peu cultivées ($2n = 14$ ou $2n = 28$) le groupe *barbata-strigosa-brevis* apparaît manifester d'une façon générale une très grande résistance.

Parmi les espèces cultivées, l'espèce A. *byzantina* renferme nombre de lignées résistantes. Citons diverses lignées de *Red Algerian*, à grain roux, d'origine mal connue, probablement, comme leur nom l'indique, d'origine méditerranéenne. De la même façon, certaines lignées issues des populations de *Rouge d'Afrique* ou de *Rouge d'Algérie* présentent une certaine résistance. Citons aussi la population de *Red Rustproof*, avoine à grain roux très cultivée autrefois dans le sud des États-Unis : de nombreuses lignées en ont été tirées, qui se sont révélées comme les meilleurs géniteurs de résistance, tant aux charbons (nus et couverts) qu'aux rouilles. Observons enfin qu'à partir de l'espèce A. *sterilis* dont dériverait génétiquement l'espèce A. *byzantina*, ont été obtenus, par hybridation avec l'espèce A. *sativa*, des types A. *byzantina* ayant les plus hautes qualités de résistance : telles les variétés *Bond* et *Woodford* (A. *sterilis* × *Pluie d'Or*).

Dans l'espèce A. *sativa*, un certain nombre de variétés ont été reconnues en divers pays comme manifestant de hautes qualités de résistance : citons *Black Mesdag, Markton, Richland, Victoria.*

Cette grande résistance que l'on rencontre ainsi chez certaines

variétés et caractérisée par l'absence de plantes charbonnées dans les conditions les plus favorables à une forte infection, ne paraît constituer, en réalité, que la plus haute manifestation du caractère. Dans les mêmes conditions, d'autres variétés peuvent systématiquement ne présenter que de faibles taux d'infection : des degrés intermédiaires de résistance apparaissent donc exister.

La mise en évidence et l'interprétation des degrés de résistance est donc un des problèmes que pose l'étude de la résistance variétale au charbon nu.

Un autre problème est celui de la spécificité de la résistance ainsi mise en évidence. En effet, l'hétérozygotie générale rencontrée chez ce parasite et mentionnée plus haut n'est que la manifestation d'un degré déjà fort élevé de diversification du champignon. En particulier, les diverses populations de charbon nu se sont diversifiées en types ou « races » d'aptitudes parasitaires très différentes. Toute spéculation sur la résistance d'une variété à l'égard d'une population de charbon nu rencontrée en un lieu donné « provenance » doit tenir compte de la spécificité possible de cette résistance à l'égard de l'échantillon parasite utilisé ou au contraire, de sa généralité.

Enfin l'étude du comportement héréditaire du caractère résistance ajoute à un intérêt théorique un élément appréciable de renseignements dans la conduite d'une sélection.

Nous essaierons d'aborder successivement chacun de ces problèmes.

MÉTHODES D'ÉTUDE DU CARACTÈRE RÉSISTANCE

1. — Réalisation des infections.

Bien que le charbon soit fréquent chaque année dans les pépinières non protégées par un traitement chimique, il est difficile d'apprécier des différences de sensibilité à ce parasite d'après les seules contaminations naturelles.

En effet, les taux d'infection naturelle des variétés les plus sensibles ne dépassent généralement pas 10 p. 100 et sont très fluctuants : leurs amplitudes annuelles apparaissent du même ordre. De nombreuses observations seraient donc nécessaires pour mettre en évidence des différences génétiques de sensibilité.

C'est pourquoi, dans leurs études de résistance variétale, les auteurs ont généralement cherché d'une part à élever au maximum les taux d'infection, d'autre part à réduire les fluctuations entre notations. Seules des méthodes d'infection ou plus exactement de contamination artificielle peuvent conduire à ce résultat.

Différentes techniques ont été décrites.

Que l'on opère par voie sèche (poudrage) ou par voie humide (immersion du grain dans une suspension de spores), l'on essaie toujours de réaliser une contamination massive de la semence.

La plupart des expérimentateurs décortiquent au préalable le grain de façon à réduire le nombre des enveloppes séparant la spore de l'embryon (REED, ROSENSTIEL, NICOLAISEN, SAMPSON) : les taux d'infection observés sont effectivement toujours supérieurs à ceux obtenus en l'absence de décortiquage. De la même façon, les pourcentages d'infection naturelle observés sur des avoines nues sensibles sont généralement supérieurs à ceux notés dans les mêmes conditions sur des avoines vêtues (AAMODT). Également, les différentes manipulations subies par les semences au cours de leur conditionnement, notamment l'épointage, influent sur le degré d'infection ultérieur.

L'utilisation du décortiquage dans les tests de résistance pose cependant un problème. Puisque les glumelles apparaissent comme des obstacles à une forte contamination, ne peuvent-elles constituer dans les conditions normales de culture, un facteur variétal de résistance « apparente » de la semence au parasite ?

Certaines observations, notamment celles de JOHNSTON, d'AAMODT et PLATT, relatives aussi bien au charbon nu qu'au charbon couvert, tendent à le démontrer : le décortiquage peut accroître relativement plus le taux d'infection de certaines variétés ; celles-ci ajouteraient donc à une résistance plus ou moins forte du caryopse au parasite un degré plus ou moins fort de résistance mécanique des enveloppes à la contamination. Il pourrait ainsi ne pas y avoir proportionnalité rigoureuse entre les degrés d'infection avec ou sans décortiquage.

L'on doit constater cependant que les différences de résistance mécanique des enveloppes demeurent faibles entre variétés ; d'autre part, leur intervention dans la pratique demeure souvent aléatoire (conditionnement des semences). Enfin, si le décortiquage peut conduire à une certaine erreur sur l'évaluation de la résistance pratique de certaines variétés, cette erreur consiste toujours à minimiser sa résistance et non l'inverse, qui serait plus grave.

En conclusion, une méthode par décortiquage a l'avantage de mettre en évidence, en un petit nombre d'essais et de façon sûre, le degré minimum de résistance que l'on peut attendre d'une variété au champ.

Quelques auteurs ont essayé, uniquement par souci de rapidité, de se dispenser du décortiquage tout en rapprochant le plus possible spores et embryon. JONES décrit une méthode où par immersion des grains dans l'eau, sous une pression d'air réduite, on peut faire pénétrer les spores entre glumelles et caryopse. D'autres expérimentateurs enfin, ont essayé de contaminer le grain dès la floraison, ce qui se rapproche en même temps des conditions de contamination naturelle.

Dans tous nos essais de résistance variétale, nous avons opéré par décortiquage des amandes et poudrage avec un fort excès de spores peu avant le semis. Les spores récoltées l'année précédente étaient conservées sur panicule dans un local peu éclairé et soumis aux variations extérieures de température (grenier).

Le semis était effectué en plein champ, sur lignes de 1m 50 avec 40 amandes par ligne et 4 lignes par variété.

La date du semis était tardive, voisine du 15 avril.

Les conditions les plus favorables à une forte contamination ayant été recherchées, il est important, en effet, de réaliser les meilleures conditions pour l'infection. Bon nombre d'auteurs ont, pour cette raison, essayé de contrôler les facteurs humidité et température, importants comme on l'a vu, lors de cette phase. Ils ont, pour la plupart, utilisé la méthode décrite par REED qui consiste à semer en terrines et faire croître les jeunes plantules dans les conditions homogènes et contrôlables d'une serre ; puis à les repiquer en plein champ (SAMPSON, ROSENSTIEL, NICOLAISEN, Mme FRIEDBERG).

Cette méthode n'apparaît pas cependant d'emploi facile pour des tests sur d'importantes collections. C'est pourquoi nous avons préféré nous en tenir à la recherche d'une date de semis favorable à l'infection.

Le tableau ci-dessous montre qu'à Versailles une température de 15°C à 5 cm sous sol nu, condition généralement donnée comme favorable à une bonne infection, ne peut être atteinte qu'aux environs du 20 avril.

Températures maxima à 5 cm sous sol nu à Versailles (moyennes 1953-54-55-56).

20–29 Mars	30 Mars–8 Avril	9–18 Avril	19–28 Avril
13°4	13°2	15°1	18°1

Un semis effectué vers le 15 avril doit donc, en principe, placer la plantule en germination (15-25 avril) dans des conditions assez bonnes de température.

Les taux d'infection obtenus sur les variétés les plus sensibles durant les 5 années d'expérience montrent que, du moins en 1953, 1954 et 1955, cette époque de semis a été effectivement favorable.

Années	Date du semis	Taux maximum d'infection
1952	17 Avril	35,8
1953	13 Avril	96,1
1954	14 Avril	88,6
1955	20 Avril	70,3
1956	11 Avril	53,6

En fait l'infection obtenue dans des semis échelonnés réalisés en 1955 et en 1956 montre (tableau I) que probablement, pour ces 2 années, une date de semis plus précoce aurait été encore plus favorable.

TABLEAU I

Pourcentages moyens d'infection obtenus sur semis échelonnés en 1955 *et* 1956.

Années	Variétés	Dates de semis					Δ 0,05
		24/3	30/3	5/4	13/4	20/4	
1955	Jehan de Brie	—	0	—	—	4,0	
	Nappe d'Argent	—	9,1	—	—	6,6	
	Pégase	—	38,6	—	—	22,0	
	Flamande D,	—	66,9	—	—	45,8	
	$\bar{x}$		28,6			19,6	
	Δ			9,0			5.4
1956	Véga	63,5	—	67,0	31,0	51,5	
	Δ		3,5	36,0	20,5		6,8

2. — Notations.

Peu après l'épiaison de l'ensemble des variétés étudiées, trois types de plantes ont chaque année été observés dans la pépinière charbonnée.

— des plantes saines, c'est-à-dire sans panicules charbonnées,

— des plantes à panicules toutes et entièrement charbonnées,

— des plantes partiellement charbonnées, c'est-à-dire ne présentant qu'un certain pourcentage de panicules ou d'épillets charbonnés (ceux-ci se trouvant toujours à la base de la panicule).

L'existence de cette dernière catégorie de plantes a été signalée par quelques auteurs (VIENNOT-BOURGIN, ROEMER). Bien que ce dernier pense que l'on doive considérer ce caractère comme la manifestation d'une résistance intermédiaire, aucun auteur ne semble avoir tenu compte dans des essais de résistance variétale de cette classe de plantes. Il semble que l'on ait généralement considéré ces infections comme une fluctuation au hasard du caractère et, en conséquence, tenu compte exclusivement du pourcentage global des plantes charbonnées.

Cette méthode de notation apparaît sans aucun doute simple et rapide. Elle appelle cependant quelques remarques.

D'une part, l'on considère ainsi que les plantes d'une lignée pure d'avoine peuvent fluctuer de façon non aléatoire entre 2 degrés de comportement l'un aboutissant à un type « charbonné » l'autre à un type « sain ». Deux hypothèses sont alors à envisager :

— ou bien la résistance au charbon nu répond à un mécanisme de « tout ou rien » (pénétration - non pénétration dans la plantule). Dans ce cas, 2 classes de plantes existent seulement et la notation de la fréquence de l'une de ces classes suffit,

— ou bien les mécanismes de résistance ne se réduisent pas à cette

seule discontinuité et différents degrés de comportement peuvent exister entre plantes. Dans ce cas, une notation ne tenant compte que d'une catégorie d'individus peut demeurer insuffisante.

D'autre part, du point de vue économique, la non distinction des plantes partiellement charbonnées ne peut, à priori, conduire à une échelle variétale de sensibilité valable sur le plan agricole. Il est pourtant nécessaire qu'un système de notation puisse rendre compte au mieux de l'incidence économique de l'infection constatée.

C'est pourquoi, sans préjuger de la valeur à accorder aux symptômes observés, nous avons distingué, à partir de 1953, l'infection partielle de l'infection totale.

MÉCANISMES ET MESURE DE LA RÉSISTANCE

Comme nous venons de le voir, notation et mécanisme de la résistance sont deux problèmes liés. Or ce dernier est particulièrement complexe.

A l'égard d'un même parasite, les mécanismess de résistance sont souvent divers et admettent difficilement une commune mesure. La chute de rendement elle-même — unité de référence la plus valable sur le plan agricole — n'est pas toujours utilisable : il y a des maladies qui ne dépriment la plante qu'à partir d'un certain degré de développement du parasite, il y a des résistances (hypersensibilités) qui peuvent entraîner une chute de rendement comme une haute sensibilité.

En ce qui concerne le charbon nu de l'avoine, nous avons affaire à une maladie dont la phase de développement s'échelonne sur une période extrêmement longue qui va de la germination de la plante à son épiaison. Durant une phase aussi longue (3 à 7 mois) les phénomènes de résistance prenant naissance dans la plante peuvent être multiples : les observations réalisées à ce sujet paraissent le démontrer.

1. — Données de la littérature.

Selon divers auteurs, les premières réactions de défense doivent prendre naissance très tôt.

WESTERN rapporte que 2 races d'*U. Avenae* parmi celles étudiées par l'auteur, sont incapables de pénétrer dans les cellules de la variété *Markton* : chaque fois qu'un tube germinatif essaie de pénétrer dans les cellules de l'embryon en germination, un bourrelet d'une certaine épaisseur l'empêche d'aller plus loin. D'autres races, au contraire, peuvent pénétrer dans les cellules mais, rapidement, ces dernières meurent et le mycélium parasite en même temps.

Il y aurait donc, d'après ces quelques observations, 2 types de résistance précoce :

— une résistance par non pénétration du parasite dans la plantule,

— une résistance par incompatibilité biologique du parasite et des cellules-hôtes (hypersensibilité).

Selon BRANDWEIN, ce dernier cas serait le plus fréquent chez les variétés résistantes : presque toutes les collections d'*U. Avenae* (et d'*U. levis*) peuvent pénétrer dans le coléoptile des variétés sensibles et résistantes ; ce n'est qu'à cette époque et à ce niveau que des nécroses apparaissent. C'est à leur développement plus ou moins fort que les cas de mortalité de jeunes plantules contaminées rapportés par HUBBARD, STANTON et NICOLAISEN doivent être rattachés.

L'élimination du parasite dès les tout premiers stades de développement de la plantule ne constitue pas pourtant, d'après d'autres études, l'unique mode de résistance.

Ainsi ROSENSTIEL a constaté une réduction du poids moyen de la plante dans des parcelles contaminées de la variété *Mesdag*. Chez *Markton*, et certains de ses hybrides, REED et STANTON ont constaté un avortement des épillets. Enfin, un auteur allemand, FISCHER v. WALDHEIM a observé le mycélium d'*U. Avenae* dans des panicules saines d'aspect.

Il semblerait donc que, même chez les variétés ne manifestant finalement pas de sporulation, une « infection latente » puisse se développer. Dans ce cas, résistance signifierait seulement antagonisme assez tardif entre parasite et hôte, mais suffisant pour empêcher toute sporulation.

Il est intéressant de remarquer que de semblables conclusions ont été retirées de l'étude d'une autre Ustilaginale parasite, la carie du blé (*Tilletia Tritici*) : impossibilité de pénétration dans les cellules, hypersensibilité, infection latente y ont été déterminées comme les modes principaux de résistance (ZADE, AAMODT, WOOLMAN, CREPIN). De plus, l'infection partielle a fait l'objet ici d'observations précises. En particulier, ce type d'infection apparaît relativement plus fréquent chez les variétés peu sensibles (KNORR, CREPIN). Il semble bien que chez la carie, l'infection partielle corresponde effectivement au terme de passage entre l'infection latente et la complète sporulation, c'est-à-dire à un degré intermédiaire de résistance.

2. — Observations réalisées à Versailles.

Ces observations ont porté d'une part, sur les symptômes d'infection apparente, c'est-à-dire terminée par une phase visible de sporulation, d'autre part, sur les symptômes d'infection latente.

a) L'infection apparente.

Ses effets sur l'hôte ne se bornent pas à la sporulation abondante au niveau des panicules qui la caractérise.

En premier lieu, les panicules charbonnées montent plus lentement que les panicules saines ; le retard à l'épiaison peut varier de 4 à 8 jours. C'est ainsi qu'une parcelle d'avoine peut paraître saine à l'épiaison mais, une semaine plus tard, renfermer nombre de panicules charbonnées.

A l'épiaison de ces panicules, on peut remarquer un jaunissement particulièrement intense de la gaine de dernière feuille, puis de la feuille elle-même. Ceci permet, avant la sortie des panicules « d'épurer » une variété infectée avant toute contamination nouvelle. Enfin, l'on peut remarquer, en fin de végétation, que la hauteur atteinte par les talles charbonnées est toujours plus faible que celle des talles non charbonnées Il semble que ce soit particulièrement l'élongation plus faible du dernier entre-nœud qui soit en cause : la panicule charbonnée arrive, en effet, difficilement à se dégager de la gaine de la dernière feuille, souvent même elle pourrit à l'intérieur.

Remarquons que cette élongation plus faible du dernier entre-nœud est probablement aussi la cause du retard à l'épiaison mentionné plus haut.

Nous présentons au tableau II quelques mesures effectuées sur les plantes saines et sur les plantes charbonnées de quelques variétés en 1954 et 1956.

TABLEAU II

	Blanche de Wattines		Espoir de Gembloux		Fleur du Nord		Hâtive de la délivrance		Noire précoce de Noisy		Pluie d'Or II	
	1954	1956	1954	1956	1954	1956	1954	1956	1954	1956	1954	1956
Plantes saines.....	77,2*	82,6	83,5	96,6	71,8	73,9	81,5	98,7	68,3	78,3	92,3	97,1
Plantes charbonnées	55,3	73,9	62,9	66,8	56,3	57,3	61,5	85,7	62,5	65,4	59,8	78,2
Différence en %...	28,3	10,5	24,6	30,8	21,5	22,4	24,5	13,1	8,4	16,4	35,2	20,4

* Longueur moyenne en cm de 20 plantes, mesurée entre le plateau de tallage et la base de la panicule.

Dans le déterminisme de cette infection apparente, nous distinguerons de l'infection globale ses deux composantes, l'infection partielle et l'infection totale.

Le tableau III présente pour 27 variétés et 4 années d'observations, les pourcentages d'infection globale (G) obtenus et les coefficients de corrélation entre années (G). Ces derniers, tous hautement significatifs, montrent que malgré les différences annuelles entre pourcentages, les classements variétaux demeurent sensiblement les mêmes.

G présente donc bien un caractère variétal. Ceci confirme en même temps qu'il y a eu entre plantes « saines » et plantes « charbonnées » manifestation d'une fluctuation de résistance à l'égard du parasite : la répar-

TABLEAU III

	% d'infection globale = G				% d'infection totale = t				% d'infection partielle = p			
	1953	1954	1955	1956	1953	1954	1955	1956	1953	1954	1955	1956
Aigle	41,6	18,6	12,6	19,6	30,5	6,8	7,6	13,1	11,1	11,8	5,0	6,5
Avoine de Versailles	70,9	46,6	53,3	47,5	54,6	16,6	32,2	33,9	16,3	30,0	21,1	13,6
Espoir	77,0	56,2	64,6	19,7	56,4	31,3	56,1	16,9	20,6	24,9	8,5	2,8
Furie	74,2	57,4	52,5	41,0	46,4	31,5	40,0	32,5	27,8	25,9	12,5	8,5
Flamande	81,5	70,7	45,8	43,8	55,9	43,0	38,5	27,8	25,6	27,7	7,3	16,0
Grignonnaise	63,6	36,3	60,0	34,4	49,3	27,2	50,0	18,8	14,3	9,1	10,0	5,6
Grise de Craponne	9,1	13,0	3,1	6,1	3,9	4,3	3,1	0,0	5,2	8,7	0,0	6,1
Jehan de Brie	4,0	2,0	4,0	1,6	0,0	0,0	2,0	0,0	4,0	2,0	2,0	1,6
Joanette	0,0	7,4	8,9	1,7	0,0	0,0	7,7	1,7	0,0	7,4	1,2	0,0
Ligowo III	31,4	18,8	32,0	17,2	16,4	8,4	19,2	10,3	15,0	10,4	12,8	6,9
Von Lochow	9,3	4,7	0,0	1,5	6,2	0,0	0,0	0,0	3,1	4,7	0,0	1,5
Luciole	5,3	4,3	1,5	1,7	5,2	2,7	1,5	1,7	0,0	1,6	0,0	0,0
Mansholt Binder	56,7	17,9	45,7	20,6	37,8	7,5	28,0	10,3	18,9	10,4	17,7	10,3
Montferrandaise	22,0	19,3	16,9	7,3	9,9	8,8	7,8	2,9	12,1	10,5	9,1	4,4
Multigrap	7,1	0,0	5,2	1,9	5,3	0,0	1,7	1,9	1,8	0,0	3,5	0,0
Noire de Moyencourt	60,2	61,9	32,0	27,4	39,7	33,3	21,3	11,6	20,5	28,6	10,7	15,8
Noire Précoce de Noisy	96,1	67,3	42,2	22,6	77,9	46,1	31,1	13,1	18,2	21,2	11,1	9,5
Nappe d'Argent	30,5	6,6	6,6	1,1	6,9	1,6	4,9	0,0	23,6	5,0	1,7	1,1
Pégase	53,2	29,1	22,0	24,6	38,0	15,4	14,0	13,3	15,2	13,7	8,0	13,0
Pluie d'Or II	66,2	68,7	20,0	24,0	46,2	45,3	16,3	10,0	20,0	23,4	3,7	14,0
Primus	1,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,6	0,0	0,0
Reine Vilmorin	53,0	38,0	32,4	8,9	39,6	16,0	21,1	4,4	13,4	22,0	11,3	4,5
Rouge d'Algérie	1,4	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soleil II	41,0	35,2	22,4	10,0	21,8	22,0	8,9	4,0	19,2	13,2	13,5	6,0
Trophée Vilmorin	41,9	31,3	26,1	10,1	25,7	13,4	15,4	3,3	16,2	17,9	10,7	6,8
Véga	82,0	85,5	70,3	14,5	61,5	60,8	50,0	6,6	20,5	24,7	20,3	7,9
Victoire	37,2	27,7	22,4	8,1	21,8	15,3	19,4	0,0	15,4	12,4	3,0	8,1
	ρG	1954	1955	1956	ρt	1954	1955	1956	ρp	1954	1955	1956
	1953	+ 0,916	+ 0,889	+ 0,801	1953	+ 0,844	+ 0,849	+ 0,798	1953	+ 0,602	+ 0,634	+ 0,798
	1954	—	+ 0,795	+ 0,828	1954	—	+ 0,766	+ 0,591	1954	—	+ 0,666	+ 0,699
	1955	—	—	+ 0,738	1955	—	—	+ 0,703	1955	—	—	+ 0,557

tition des plantes d'une lignée pure entre ces 2 classes de résistance est sous la dépendance des facteurs génétiques de la variété et du milieu.

L'influence du milieu peut d'ailleurs être différente suivant les variétés. Ainsi AAMODT et PLATT ont montré, dans des essais effectués avec répétitions, que l'interaction variété × année était significative. Nos essais ne comportant pas de répétitions, nous n'avons pu vérifier l'existence d'une telle interaction. Cependant les valeurs élevées des coefficients de corrélation entre années tendraient à montrer que cette interaction a dû être très faible dans nos essais.

Le tableau III présente également les pourcentages p d'infection partielle et t d'infection totale (composants de G) des mêmes variétés durant les mêmes années d'expérience ; les coefficients de corrélation entre années ρt et ρp y sont aussi présentés.

Bien que moins élevés que ceux obtenus pour G, ces coefficients sont tous significatifs à la limite 0,05 : p et t ont donc chacun une valeur variétale.

La répartition des plantes infectées suivant ces 2 classes d'infection, totale ou partielle, n'est donc pas aléatoire. Elle pourrait être sous la dépendance d'un facteur biologique sans rapport avec un processus de résistance. Plus vraisemblablement, l'infection partielle devrait s'inscrire comme la manifestation d'un degré intermédiaire de sensibilité. Dans ce cas et comme pour la carie du blé, l'infection partielle doit être, relativement à l'infection globale, plus fréquente chez une variété peu sensible que chez une variété très sensible.

Le tableau IV présente les coefficients de régression de cette fréquence p/G sur 'infection globale G pour 4 années d'observations (34 à 52 variétés chaque année).

TABLEAU IV

Années	Coefficients de régression p/G/G	Écarts-type	Probabilités P (t)
1953	— 0,370	0,139	0,01
1954	— 0,384	0,126	0,01
1955	— 0,125	0,299	0,30
1956	— 0,591	0,301	0,05

Les régressions sont significativement négatives en 1953 et 1954 ; en 1956, cette signification est discutable au seuil 0,05 ; en 1955, le coefficient observé n'est pas significativement différent de 0. Pour l'ensemble des 4 années d'observation, le coefficient de régression est de —0,358 avec un écart-type de 0,166 : la probabilité correspondante P (t) comprise entre 0,05 et 0,03 permet de tenir cette régression comme significative.

L'infection partielle peut donc être considérée comme un terme intermédiaire de sensibilité mais son déterminisme apparaît aussi sous

la dépendance des facteurs du milieu. Les coefficients de corrélation entre années pour les valeurs de p, généralement significativement inférieurs à ceux de t et de G le montrent du reste également.

En conclusion, le comportement d'une plante de lignée pure d'avoine peut fluctuer entre 3 degrés d'infection :

— une infection totale,

— une infection partielle,

— une non infection apparente (plantes « saines »).

Quelques observations tendraient à confirmer que dans ce dernier cas, une infection latente puisse se manifester.

b) L'infection latente.

Deux groupes de résultats ont été obtenus. Les uns portent sur les modifications apportées au développement de plantes finalement « saines », par une contamination antérieure ; les autres sur le degré d'infection de la descendance de telles plantes.

Etude du développement de plantes « saines ».

Un essai du type « split plot » réalisé en 1956 en semis très tardif (25 avril) comprenait 8 variétés qui dans des essais antérieurs s'étaient révélées de résistance très différente à notre provenance de charbon.

— 4 variétés très résistantes : *Markton, Mesdag, Garry, Bonham.*

— 2 variétés respectivement assez résistantes et peu sensibles : *Rouge d'Algérie, Aigle.*

— 2 variétés très sensibles : *Noire Précoce de Noisy, Véga.*

Ces 8 variétés ont été semées avec 3 répétitions, en 2 types de sous-parcelles les unes à amandes décortiquées et contaminées, les autres à amandes seulement décortiquées (témoin). 35 amandes ont été semées dans chaque parcelle élémentaire.

Dans cet essai, en fin de végétation, de faibles taux d'infection ont été notés sur les variétés sensibles (14,2 et 12,3 p. 100) et aucune infection chez les variétés peu sensibles et résistantes.

Bien que l'on ait peu d'éléments pour expliquer ces faibles taux d'infection, quelques observations réalisées durant la végétation paraîtraient montrer qu'ils ne seraient pas uniquement le résultat d'une non infection.

Des comptages ont été effectués à la levée à partir d'un stade voisin de 60 p. 100 de plantes levées sur les parcelles témoins non contaminées. L'analyse des résultats pour 3 stades de levée successifs (intervalles 60-90 p. 100) fait ressortir un effet contamination hautement significatif pour l'ensemble des variétés : les parcelles contaminées manifestent, durant la période des observations un retard moyen de 9,1 p. 100 de plantes levées par parcelle (tableaux V*a* et V *b*). L'effet a été le même à

tous les stades. Par contre, l'interaction variété × contamination est significative. L'analyse détaillée des variétés montre que l'écart est significatif pour *Mesdag* et *Garry* (variétés hautement résistantes à notre provenance), pour *Aigle* (variété peu sensible) et pour *Véga* (variété très sensible). L'écart est discutable pour *Rouge d'Algérie*.

TABLEAU V*a*

Analyse de la variance « levée ».

Origine de la variation	Degré de liberté	Variance	F	F 0,05
Stades	2	11 075	60,0	6,94
Répétitions	2	1 945	10,5	6,94
Erreur (1)	4	184,5		
Variétés	7	195,5	4,90	2,3
Stade × variétés	14	60,1	0,37	2,0
Erreur (2)	42	161,5		
Contamination	1	2 975	*36,4*	4,10
Stade × contamination	2	161,5	1,97	3,15
Variété × contamination	7	570,1	*6,97*	2,3
Stade × variété × contamination	14	301,6	3,69	1,92
Erreur (3)	48	81,7		

TABLEAU V*b*

Variétés	Pourcentage moyen de levée		Écarts $\Delta_{0,05} = 8,5$
	Témoin	Contaminé	
Mesdag	76,6	49,5	*27,1*
Garry	83,0	63,5	*19,5*
Rouge d'Algérie	82,5	74,0	8,5
Markton	78,3	78,9	— 0,6
Bonham	71,6	75,2	— 3,6
Aigle	74,3	58,7	*15,6*
Noire Précoce de Noisy	82,1	85,2	— 3,1
Véga	79,4	70,0	*9,4*
Moyennes	78,4	69,3	9,1

A la fin du tallage, une notation de tallage herbacé a été effectuée. L'analyse de la variance (tableau VI *a*) montre que, pour l'ensemble des variétés, l'effet contamination demeure faible et discutable (F contamination = F 0,05). Toutefois, l'analyse séparée des variétés (tableau VI *b*) montre que 5 d'entre elles voient leurs tallages accrus sur parcelles contaminées et 2 variétés *Garry* et *Rouge d'Algérie*, toutes deux résistantes à notre provenance, ont tallé de façon significativement plus forte.

A l'épiaison enfin, une notation de sortie de panicules a pu être réalisée sur les variétés les plus précoces : *Bonham*, *Mesdag*, *Markton*, *Garry* et *Précoce de Noisy*. Plusieurs comptages ont été effectués à 24 ou 48 heures d'intervalle. Seule une analyse globale des variétés a été réalisée ; elle a porté sur le nombre de panicules saines sorties à chaque stade, nombre

TABLEAU VI *a*

Analyse de la variance « tallage herbacé ».

Origine de la variation	Degré de liberté	Variance	F	F 0,05
Variétés	7	965	26,8	2,75
Répétitions	2	782	21,7	3,74
Erreur (1)	14	36		
Contamination	1	271	*4,60*	4,50
Variétés × contamination	7	122	2,10	2,65
Erreur (2)	16	58		

TABLEAU VI *b*

Variétés	Tallages (1)		Écarts $\Delta_{0,05} = 0,72$
	Contaminé	Témoin	
Rouge d'Algérie	4,80	3,60	*1,20*
Garry	2,88	2,00	*0,88*
Markton	3,80	3,38	0,42
Bonham	1,44	1,62	— 0,18
Mesdag	2,13	2,48	— 0,35
Aigle	2,33	2,02	0,31
Noire Précoce de Noisy	3,24	2,55	0,64
Véga	2,82	3,26	— 0,44
Moyennes	2,93	2,62	0,31

rapporté à l'effectif sain finalement épié puis transformé en arc sinus inverse. Le tableau VII montre que l'effet contamination est significatif.

TABLEAU VII

Analyse de la variance « Epiaison »

Origine de la variation	Degré de liberté	Variance	F	F 0,05
Stades d'épiaison	5	1 772	73,5	3,33
Répétitions	2	28,1	11,6	4,10
Erreur (1)	10	24,1		
Contamination	1	507	*8,7*	4,75
Stade × contamination	5	11,6	0,2	3,11
Erreur (2)	12	58,4		

D'après le graphique 1 ci-joint, un décalage de 1 jour à 1 jour 1/2 d'épiaison paraît avoir existé entre les deux traitements pendant les quelques jours qui ont suivi la sortie de la première panicule.

Etude de la descendance de plantes « saines ».

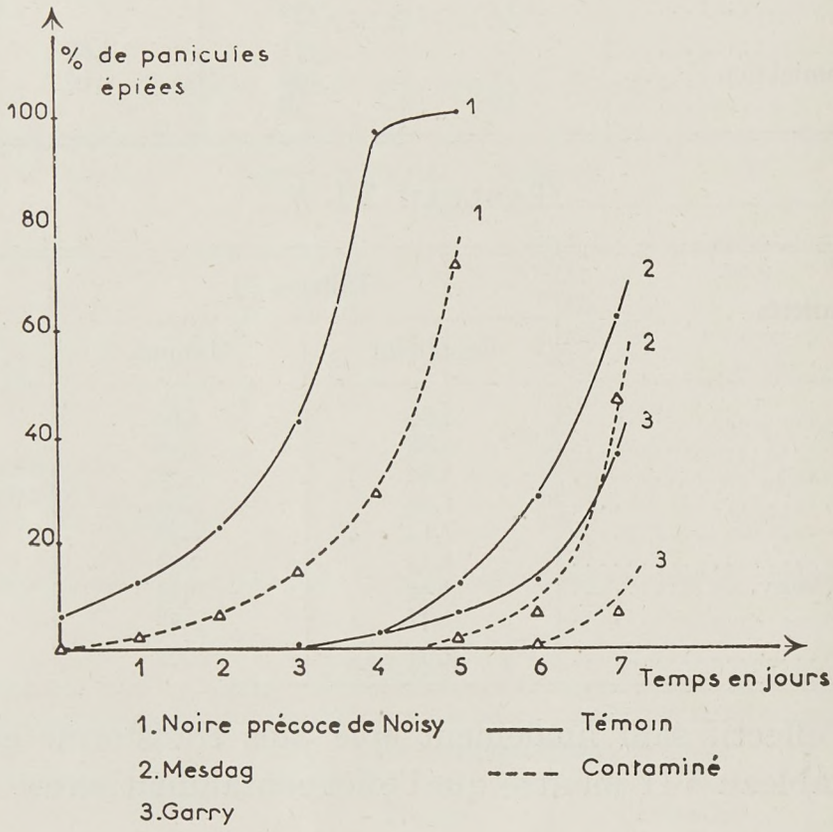
Lors des essais de résistance variétale réalisés en 1953 et 1954, pour chaque variété une ligne non décortiquée et non contaminée a été semée au milieu de 4 lignes décortiquées et contaminées. Sur cette ligne et sur

(1) La faiblesse des tallages est due à la tardivité du semis.

les lignes soumises à l'infection des panicules de plantes « saines » ont été récoltées (une par plante).

Le grain de chacune des deux séries de panicules a été semé l'année suivante et les pourcentages de plantes charbonnées ont été notés.

Graphique 1



Pour la plupart des variétés, aucune infection n'a été observée dans les deux descendances durant les deux années d'expérience. Pour 9 variétés, certains taux d'infection ont été obtenus (tableau VIII *a*). L'analyse des résultats (tableau VIII *b*) montre que l'effet contamination peut être tenu pour significatif.

TABLEAU VIII *a*

Variétés	1954		1955	
	Contaminées	Témoin	Contaminées	Témoin
Aigle	0	0	2,5	2,2
Avoine de Versailles	12,0	6,6	16,6	8,8
Flamande D.	4,1	5,0	12,0	9,9
Furie V.	4,1	3,0	2,3	5,1
Grignonnaise	0	3,8	3,0	1,6
Gr. Craponne	0	1,2	0,8	0,6
N.Moyencourt	8,0	4,0	25,0	14,0
Trophée V.	2,1	0	5,9	6,7
Véga	2,5	0,9	14,8	14,1
Moyennes	3,65	2,72	9,21	7,0
Différences (% T.)	0,26		0,24	

TABLEAU VIII *b*

Origine de la variation	Degrés de liberté	Variance	F	F 0,05
Variétés	8	7,747	2,91	
Années	1	21,805	8,20	5,59
Erreur (1)	8	2,657		
Contamination	1	2,209	6,77	5,12
Variété x contamination	8	1,028	3,15	3,23
Erreur (2)	9	326		

Sans doute une contamination naturelle a pu se réaliser en 1953 et 1954 sur toutes les panicules soumises à l'expérience, mais la disposition sur le terrain (panicules saines au milieu des panicules charbonnées) donnait à toutes la même probabilité d'être contaminées. Dans cette hypothèse, seule l'existence du parasite au niveau des enveloppes du grain sous une forme non sporulante pourrait expliquer ces résultats. Ceux-ci rejoindraient en même temps les observations mentionnées plus haut, de FISCHER v. WALDHEIM.

Ces quelques observations sur le développement et sur le degré d'infection de la descendance de plantes « saines » ayant été soumises à une contamination sembleraient donc témoigner d'une infection « latente » jusqu'à un stade avancé de la vie de la plante. Il est intéressant de constater qu'elles rejoignent les conclusions tirées d'autres études réalisées tant sur ce parasite que sur la carie du blé.

En conclusion, divers mécanismes permettent d'expliquer la résistance au charbon nu et 5 degrés d'infection paraissent devoir être à distinguer :

— non pénétration du parasite dans la plante,

— pénétration jusqu'au coléoptile,

— pénétration et développement mycélien dans la plante sans sporulation,

— infection partielle,

— infection totale.

L'infection des plantes d'une même lignée pure d'avoine peut fluctuer entre tous ces degrés avec une fréquence et une amplitude différente selon que le génotype de la variété est plus ou moins résistant et le milieu plus ou moins favorable.

3. — Mesure de la résistance.

Il ressort des conclusions précédentes qu'une mesure rigoureuse de la résistance d'une variété devrait tenir compte du degré d'évolution du parasite dans chaque plante. Ceci ne peut être envisagé du point de vue pratique.

A l'opposé, une évaluation basée sur le seul pourcentage d'infec-

tion globale (G) ne semble rendre compte qu'imparfaitement de la résistance « économique » de la variété, déficit de rendement engendré par les infections partielles et totales réunies.

Une solution moyenne pourrait être trouvée dans la prise en considération de ces 2 types d'infection, faciles à observer.

Dans l'étude de la résistance à la carie, la plupart des auteurs ont pour cette même raison utilisé simultanément la double notation du pourcentage de plantes cariées (G) et d'épis cariés. Cette méthode, applicable au charbon nu de l'avoine, a l'inconvénient de conduire à deux classements variétaux sans discrimination finale.

Cependant on a vu qu'une relation linéaire paraît exister entre le rapport $\frac{p \text{ (\% d'infection partielle)}}{G \text{ (\% d'infection globale)}}$ et G lui-même.

$$\frac{p}{G} = bG + a \qquad (1)$$

Si l'on appelle alors α et β les déficits moyens de rendement engendrés respectivement par une plante partiellement infectée et une plante totalement infectée, la sensibilité d'une variété pourrait s'écrire :

$$S = \alpha p + \beta t.$$

et en tenant compte de (1)

$$S = bG^2(\alpha - \beta) + G[a(\alpha - \beta) + \beta] = KG^2 + K'G.$$

La sensibilité apparaîtrait ainsi fonction non plus linéaire de G, mais parabolique.

Cependant il faut noter que les coefficients a et b de la régression sont, par suite des fluctuations enregistrées sur p, entachés d'une erreur non négligeable. Par ailleurs, α et β proportionnels respectivement aux pourcentages moyens de panicules (ou d'épillets) charbonnées chez les plantes partiellement ou totalement infectées, sont mesurables. Mais le tableau ci-dessous présente en comparaison deux échelles de sensibilité : l'une suivant G et l'autre suivant S dans des conditions voisines de celles de 1953 et 1954 c'est-à-dire :

$$b = -0{,}4 \qquad a = 0{,}6$$

et arbitrairement $\alpha = 1/2$ $\beta = 1$ (le nombre de panicules charbonnées des plantes partiellement charbonnées est évalué à la moitié de celui des plantes totalement infectées).

G =	10	20	50	80	100
S =	9	18,5	50	86	112

L'on constate que le groupe peu sensible ($G < 50$) voit sa résistance

revalorisée par rapport au groupe sensible ($G > 50$) ; mais les corrections apportées demeurent faibles par rapport à l'erreur réalisée dans l'évaluation de S.

L'on peut donc, faute de méthodes à la fois plus rapides et plus rigoureuses et sans méconnaître son imperfection, noter la résistance des variétés de la façon la plus simple, c'est-à-dire suivant G.

SPÉCIFICITÉ DE LA RÉSISTANCE

L'étude de la résistance aux parasites serait assez simple si quel que soit l'échantillon du parasite utilisé les observations demeuraient valables.

Il n'en est pas toujours ainsi ; il peut arriver qu'une même variété soit résistante à tel échantillon parasite et sensible à tel autre : l'on dit généralement, dans ce cas, que les échantillons utilisés appartiennent à deux « races » différentes.

De nombreux travaux réalisés aux Etats-Unis, au Canada, en Allemagne ont démontré l'existence de telles races chez *U. Avenae*.

En 1940, REED aux Etats-Unis avait dénombré 29 races d'*U. Avenae* et 14 races d'*U. levis*. Par la suite, le même auteur décrivait 2 nouvelles races l'une et l'autre capables d'infecter tout particulièrement une variété jusque-là résistante à toutes les races connues, *Victoria*.

En 1948, HOLTON et RODENHISER pouvaient différencier avec une échelle de 10 hôtes différentiels 22 races à partir de provenances issues de 28 Etats des états-Unis.

Dès 1931, NICOLAISEN montre à Halle l'existence de 5 groupes de races en Allemagne. Mais une étude plus poussée des lignées monosporidiales issues des provenances étudiées ont conduit cet auteur à en distinguer un plus grand nombre et à considérer chaque provenance comme un groupe de races. VOSS en 1939 publie des travaux réalisés également à Halle et ayant porté sur 111 provenances de charbon nu de diverses régions d'Allemagne. A l'aide d'une série de 7 variétés-témoins, il peut distinguer 5 groupes de provenance.

En France, aucun travail de ce genre concernant le charbon nu de l'avoine n'a, jusqu'à ce jour, été publié.

L'identification raciale ne constitue pas d'ailleurs le problème principal posé par la diversification génétique des populations de charbon.

Comme chez les rouilles, toute classification en races ne résulte que d'une analyse toujours incomplète et jamais définitive des propriétés pathogènes des échantillons étudiés : choix arbitraire des variétés-témoins et des classes de résistance en sont les raisons principales.

De plus, chez une rouille du type Puccinia, par exemple, l'analyse peut porter sur un échantillon génétiquement homogène et constant au cours des générations (en l'absence de mutations) : le clone d'urédospores.

Chez la plupart des charbons et en particulier chez *U. Avenae*, l'hétérozygotie jointe et consécutive à une reproduction sexuée allogame, entretient des disjonctions à chaque génération. Les propriétés pathogènes d'un échantillon de chlamydospores ne sont, en fait, que la somme des propriétés pathogènes des mycéliums dicaryotiques génétiquement divers issus des croisements entre sporidies. Une analyse raciale chez un tel charbon, pour être comparable à celle réalisée chez une rouille, doit donc être précédée de l'isolement par cultures monospores et autofécondations répétées de lignées génétiquement stables, homozygotes pour leurs propriétés pathogènes.

A cette hétérogénéité génétique de toute population de spores de charbon, s'ajoutent des possibilités toujours nombreuses d'évolution, même en l'absence de mutations. D'une part, tout échantillonnage porte sur une petite population d'individus (les sporidies dont le mycélium a effectivement infecté la plante), plus restreinte que la population parasite originale (le mélange de panicules charbonnées) ; or la descendance d'un tel groupe d'individus peut évoluer vers des équilibres géniques très différents de ceux existant dans la « provenance » originale. Et ceci d'autant plus rapidement qu'une sélection différentielle peut être, par surcroît, opérée par les génotypes des variétés supports de la souche. Les travaux de NICOLAISEN ont particulièrement mis en évidence ce facteur d'évolution des souches de charbon.

C'est pourquoi, dans tous nos essais, notre souche de spores a été multipliée sur le même hôte sensible, la variété *Avoine de Versailles*.

Plutôt que l'identification raciale des provenances de charbon nu, la diversification génétique de ce parasite pose, en conclusion, deux problèmes principaux :

— vérifier le comportement des variétés au plus grand nombre de « provenances » ; en particulier dans le choix d'un géniteur, porter le plus d'intérêt à ceux d'entre eux qui seraient reconnus en divers pays comme résistants,

— dans la mesure où des souches doivent être conservées, veiller à les reproduire sur un milieu non sélectif.

MODE D'HÉRÉDITÉ DE LA RÉSISTANCE

1. — Problèmes posés par son étude.

La difficulté majeure présentée par l'étude de la génétique de la résistance au charbon est la manifestation jamais totale du caractère : une lignée homozygote sensible est rarement charbonnée à 100 p. 100.

De ce fait, dans un croisement entre une lignée sensible et une lignée résistante, une discrimination en F_2 des génotypes parentaux et inter-

médiaires peut demeurer aléatoire si le degré de manifestation de la classe sensible est inférieur à 100 p. 100.

La discrimination peut être plus aisée en F_3. Il est non moins essentiel que le taux d'infection du parent ou des lignées hybrides homozygotes sensibles soit le plus élevé possible. Le tableau IX donne pour divers degrés de manifestation les probabilités de non infection d'une ligne de 25 plantes (effectif généralement obtenu en pépinière pour 35 grains décortiqués) renfermant soit 100 p. 100 (ligne homozygote) soit 1/4, soit 1/16 de génotypes sensibles.

TABLEAU IX

Degrés de manifestation en %	Probabilité de non infection en %		
	Lignée homozygote	Lignée en disjonction	
		1/4	1/16
100	0	0	21,0
50	0	3,5	45,8
30	0	14,2	62,5
10	7,2	53,5	85,6

L'on constate que dans une disjonction monogénique, des taux d'infection inférieurs à 50 p. 100 peuvent entraîner une erreur assez importante dans la discrimination entre lignes « résistantes » et lignes « sensibles ou en disjonction ». Dans une disjonction bifactorielle, un certain nombre de lignées en disjonction seront inévitablement classées « résistantes » dans les meilleures conditions, seule l'étude de leur descendance F_4 peut permettre de les distinguer des lignées qui étaient homozygotes résistantes dès la génération précédente. Malheureusement, les nécessités d'une sélection réduisent rapidement le nombre de descendances étudiées et il en résulte souvent une étude assez incomplète de l'hérédité du caractère.

Par surcroît, la distinction des groupes intermédiaires de sensibilité dans la série continue des degrés d'infection des lignées charbonnées est toujours difficile en l'absence de répétitions. Il en résulte que le degré de manifestation de la classe la plus sensible — parent ou hybride — dans un croisement peut être difficile à évaluer.

Il est un second facteur, enfin, dont doit tenir compte toute étude de la génétique du caractère résistance : ce sont les mécanismes physiologiques possibles de cette résistance.

En effet, en l'absence de toutes observations sur ces mécanismes, trois éventualités peuvent être envisagées :

1° Le mycélium est arrêté uniquement au niveau des enveloppes du grain (glumelles + téguments maternels du caryopse).

2° Le mycélium est arrêté au niveau des enveloppes ou de l'embryon.

3° Le mycélium est arrêté uniquement au niveau de l'embryon.

Du point de vue génétique, des résultats très différents peuvent en résulter quant aux disjonctions à attendre aux différentes générations de 2 croisements réciproques. Le tableau ci-dessous présente ces résultats dans le cas d'une résistance dominante.

Niveau d'arrêt du mycélium	Enveloppes		Enveloppes + Embryon		Embryon	
Sens des croisements :	♀ R × ♂ S	♀ S × ♂ R	♀ R × ♂ S	♀ S × ♂ R	♀ R × ♂ S	♀ S × ♂ R
F1	R	S	R	R	R	R
F2	R	R	R	R	disj.	disj.
F3	disj.	disj.	disj.	disj.	disj.	disj.

L'on constate que l'hypothèse d'une résistance au niveau des enveloppes peut être définitivement écartée si l'on observe une disjonction à la F_2. Or, la totalité des auteurs mentionnent l'apparition de disjonctions de résistance à la F_2. Il faut donc considérer qu'aucun indice de résistance au niveau des enveloppes maternelles n'a jusqu'à présent été rencontré ; ceci rejoint en même temps ce que l'on sait par ailleurs sur les mécanismes de résistance à savoir, qu'ils ne se développent que lorsque le mycélium veut pénétrer ou a pénétré dans l'embryon.

2. — Mode d'hérédité de la résistance de quelques géniteurs.

L'hérédité de la résistance de quelques géniteurs a particulièrement été étudiée. Nous les mentionnerons successivement.

Dans deux croisements parallèles, l'un avec *Early Champion*, l'autre avec *Victor*, Reed et Stanton ont observé que le type *Markton* de résistance au charbon nu est bifactoriel et indépendant des facteurs de résistance de cette variété vis-à-vis du charbon vêtu. Selon les mêmes auteurs, dans un croisement *Gothland* × *Markton*, la ségrégation obtenue semblait monogénique mais un déficit de lignées F_3 aussi sensibles que le parent sensible fut observé. Reed et Stanton concluent que *Markton* renfermerait un ou des facteurs empêchant la pleine expression de la sensibilité dans la descendance de croisements avec lui. Jones a obtenu, dans un croisement de *Markton* avec une autre lignée résistante *Monarch*, des plantes F_2 et des lignées F_3 sensibles. Ceci démontrerait que les deux sources génétiques de résistance sont différentes.

La résistance de *Black Mesdag* a été généralement reconnue monogénique.

Dans un croisement entre une sélection dans *Monarch* sensible à une provenance du Missouri et *Black Mesdag* Reed et Stanton ont expliqué la disjonction observée par une différence monogénique dominante. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Reed dans des croisements de *Black Mesdag* avec des avoines nues et vêtues sensibles et pour

diverses races de charbon nu. Les mêmes auteurs signalent l'obtention de lignées F_3 sensibles dans un croisement *Black Mesdag* × *Markton* : Les deux stocks génétiques de résistance seraient donc différents. Signalons cependant que JOHNSON, dans un croisement de *Black Mesdag* par *Victoire* a trouvé que deux paires de facteurs gouverneraient la résistance de *Black Mesdag* : un facteur R dominant pour la haute résistance, un facteur P supplémentaire initiant une résistance intermédiaire.

Le type *Bond* de résistance à de nombreuses races de charbon a été reconnu par TORRIE comme bifactoriel dans un croisement avec *Iowa* 444. Par contre, HAYES, dans des croisements de *Bond* avec *Iogold* et *Anthony* a obtenu une disjonction monofactorielle. Mais l'intervention de facteurs modificateurs lui est apparue manifeste. Dans le croisement *Bond* × (*Russian Minota* × *Black Mesdag*) réalisé par le même auteur, trois facteurs semblent intervenir, l'un proviendrait de *Bond*, les deux autres de *Black Mesdag*.

Selon NICOLAISEN enfin, la résistance de la variété *Von Lochow* donnée pour résistante à quelques races de charbon nu, serait monogénique et ce facteur différent de ceux apportés par la variété *Black Mesdag*.

L'hérédité de la résistance des variétés *Victoria* et *Richland* ne semble pas avoir été jusqu'ici très étudiée.

Le tableau X présente quelques observations réalisées à Versailles, en pépinière infectée, sur des lignées F_3 issues de trois croisements : l'un faisait intervenir comme géniteur de résistance une lignée de *Richland*, les deux autres faisaient intervenir la variété *Garry*, issue de la variété *Victoria*.

TABLEAU X

Croisements	Répartition des lignes suivant les classes d'infection								Nombre total des lignes	% de lignes charbonnées	% moyen d'infection des lignes charbonnées
	0	0,1 5,0	5,1 10,0	10,1 15,0	15,1 20,0	20,1 25,1	25,1 30,0	30,1 35,0			
Richland	9	—	—	—	—	—	—	—	9	0	0
Soleil II	—	2	4	2	1	—	—	—	9	100	11,3
F_3	53	5	4	—	2	—	—	—	64	17,2	8,2
Garry	9	—	—	—	—	—	—	—	9	0	0
(Soleil II × Versailles)7	5	1	2	—	1	—	—	—	9	44,0	7,8
F_3	104	15	11	9	3	1	1	—	144	27,7	9,8
Garry	9	—	—	—	—	—	—	—	9	0	0
(Versailles × Rigel) 181	8	1	—	—	—	—	—	—	9	11,1	4,5
F_3	92	8	10	3	2	1	3	1	120	23,3	10,0

Ces deux géniteurs ayant été croisés avec des variétés ou lignées hybrides elles-mêmes assez peu sensibles à notre provenance, et le nombre de lignées F_3 étudiées étant limité, l'évaluation du taux d'infection de

la classe la plus sensible dans la disjonction demeure imprécise. Tout au plus, peut-on essayer d'en fixer les limites possibles.

Or, d'après le tableau IX, pour un degré de manifestation de 10 p. 100 la répartition des lignées charbonnées en lignes homozygotes sensibles et lignées en disjonction serait la suivante dans deux cas simples :

— Disjonction unifactorielle : RR = Rr = résistant
rr = sensible.

Il y aurait $\frac{1}{4} \times (100 - 7) = 23{,}3$ % de lignées homozygotes sensibles

$\frac{1}{2} \times (100 - 53) = 23{,}5$ % de lignées en disjonction

Total : 46,8 % de lignées charbonnées.

Nous aurions une répartition sensiblement 1 — 1.

— Disjonction bifactorielle : RR = Rr, rrPP = rrPp } résistant
rrpp = sensible.

Il y aurait $\frac{1}{16}(100 - 7) = 5{,}8$ % de lignées homozygotes sensibles

$\frac{1}{4} \times (100 - 85{,}6) + \frac{1}{4}(100 - 53) = 15{,}4$ % de lignées en disjonction

Total : 21,2 % de lignées charbonnées.

La proportion de lignes homozygotes parmi les lignes charbonnées, serait donc encore plus faible dans ce cas.

Dans les deux hypothèses envisagées, pour un degré de manifestation de 10 p. 100, le pourcentage moyen d'infection des lignes charbonnées devrait donc être inférieur à 10 p. 100. Or, pour les trois croisements étudiés, ce pourcentage est voisin de 10 p. 100 ; le degré de manifestation de la classe la plus sensible est donc au moins égal à 10 p. 100.

Il en résulte que si la disjonction était unifactorielle, nous devrions avoir au moins 46,8 p. 100 de lignes charbonnées ; dans une disjonction bifactorielle, ce pourcentage devrait être au moins de l'ordre de 21,2 p. 100.

L'examen des résultats paraît devoir éliminer l'hypothèse unifactorielle. Ils s'accordent au contraire assez bien avec la seconde hypothèse. Les disjonctions obtenues correspondraient donc à des différences au moins bifactorielles.

Une remarque importante est l'absence de corrélation entre la résistance et des caractères morphologiques ou culturaux. Ceci constitue à la fois un avantage et un inconvénient en sélection. Il est possible d'envisager la réunion du caractère résistance avec n'importe quel caractère agronomique favorable ; par contre, il eût été intéressant de pouvoir repérer facilement des lignées porteurs de gènes de résistance par un caractère morphologique ou physiologique qui soit en même temps favorable ; une telle possibilité n'a jamais été rencontrée.

IV. — L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA RÉSISTANCE DES VARIÉTÉS FRANÇAISES

COMPORTEMENT D'UNE COLLECTION DE VARIÉTÉS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

1. — Comportement à l'égard de la provenance « Versailles ».

Les tests de résistance ont porté sur la plupart des variétés d'avoines de printemps actuellement cultivées en France, ainsi que sur une collection de variétés étrangères pour la plupart d'origine américaine.

Les tableaux XI et XII présentent les résultats. L'analyse de la variance des pourcentages d'infection (après transformation en arc sinus inverse) a permis de distinguer dans chacune des collections étudiées des groupes de sensibilité.

L'on remarque aussitôt qu'un nombre assez élevé de variétés étrangères non cultivées en France manifeste une haute résistance à l'égard de notre provenance de charbon nu. Au contraire, aucune des variétés cultivées dans nos régions ne s'avère d'égale résistance et nous trouvons dans les groupes « sensibles » et « très sensibles » la plupart des variétés qui, par ailleurs, pour d'autres caractères culturaux, s'affirment parmi les meilleures à l'heure actuelle : telles *Flamande Desprez, Noire de Moyencourt, Véga.*

Il faut toutefois souligner l'existence d'un groupe assez important de variétés « peu sensibles « parmi lesquelles figurent plusieurs avoines très cultivées aujourd'hui. 6 d'entre elles, il est remarquable de le constater, sont issues de croisements avec la variété *Von Lochow*, d'origine allemande, également peu sensible à notre provenance. Ce sont : *Jehan de Brie, Multigrap, Luciole, Nordine, Montferrandaise, Panache de Roye.* D'autres variétés issues du même géniteur manifestent d'ailleurs des résistances intermédiaires : telles *Aigle, Jaune d'Artois, Trophée, Pégase.*

L'on doit remarquer le bon classement de trois lignées tirées de populations de pays : l'une *Rouge d'Algérie*, une lignée tirée d'une de ces populations de « *Rouges* » (Rouges d'Afrique) de type *A. byzantina*, cultivées dans le sud de la France et tout le bassin méditerranéen ; une autre tirée d'une population de « *Joanette* » (« A. de Chenailles »), très cultivée dans le Loir-et-Cher et le Loiret ; une autre enfin, issue de la population « *Grise de Craponne* » très cultivée dans le Centre de la France, le Massif Central particulièrement.

Une gamme très étendue de sensibilité existe donc à l'intérieur du groupe des variétés cultivées en France. La raison paraît résider principalement dans l'utilisation très intense au cours des trente dernières

TABLEAU XI. — *Variétés étrangères.*

Années	1949	1952	1953	1954	Groupes de sensibilité
Dates de semis	15 avril	17 avril	13 avril	14 avril	
Variétés					
Avoine de Versailles (Témoin)	—	35,8	70,9	68,5	
Noire Précoce de Noisy (Témoin)	—	20,8	96,1	67,3	
Algeriensis 44	—	—	0	0	
Benton	—	0	0	0	
Bond	0	0	0	0	
Bonda	—	0	0	0	
Bonham	—	0	0	0	
Branch	—	—	0	0	
Black Mesdag	0	0	0	0	Variétés
Cherokee	—	0	0	0	
(Clinton × Marion) 5 440	—	0	0	0	
(Clinton × Marion) 5 647	—	0	0	0	
Colo	—	—	0	0	
Columbia × (Victoria × Richland) 4 986	—	0	0	0	
Columbia × (Victoria × Richland) 4 998	—	0	0	0	
Eaton	—	0	0	0	
Ferguson	—	0	0	0	« résistantes »
Garry	—	0	0	0	
Iogold	0	—	—	0	
Iowa D67	0	—	0	0	
Lampton W1 788	0	—	0	0	
Marion	—	0	0	0	
Markton 1	0	0	0	0	
Mindag II	0	0	—	0	
Mindo	—	0	0	0	
Missouri 200	—	0	0	0	
Missouri 205	—	—	0	0	
Mulga	—	0	0	0	
Navarro	0	0	—	—	
Nemaha	—	0	0	0	
Nortex	—	0	0	0	
Overland CI4181	—	0	0	0	
Richland *m-2*	0	0	0	0	
(Santa Fe × Clinton) 5 869	—	—	0	0	
Shasta 3 976	—	—	0	0	
Tama	—	0	0	0	
Victor grain	—	0	0	0	
Victoria 2	—	0	0	0	
Victoria 2 401	—	0	0	0	
(Victoria × Richland) 2	0	0	0	0	
(Victoria × Richland) 3 302	0	0	0	0	
White Russian RL 177	—	—	0	0	
Woodford	0	0	0	0	
Zephyr	—	0	0	0	
Andrew	—	1,9	0	0	
Sac	—	1,9	0	0	
Sac × (Hajira-Joanette) 5 927	—	0	0	2,7	Variétés
Mohawk	—	3,8	0	0	
La Estanzuela F2 anno 12	2,0	0	—	1,0	« assez résistantes »
Overland (Station)	—	0	0	2,3	
KHC *2m2*	0	0	0	5,7	
KHC4	—	0	4,5	6,2	
Hawkeye	6,9	3,8	—	0	Variétés
Ajax (Arkius)	—	—	11,9	10,7	
Ajax (Station)	—	—	23,2	5,9	« peu sensibles »
Minrus	3,0	2,0	11,7	21,5	
Hajira-Banner *4m-2*	44,0	—	—	43,5	Variétés
Canuck	—	—	44,8	41,6	« sensibles »
Santa Fe 4 518	—	—	92,9	51,2	Variétés
Anthony	—	—	91,5	59,0	« très sensibles »

TABLEAU XII. — *Variétés cultivées en France.*

Années	1952	1953	1954	1955	1956	Groupes de sensibilité
Dates du semis	17 avril	13 avril	14 avril	20 avril	11 avril	
Variétés						
Rouge d'Algérie	0	1,4	0	0	0	Variétés « assez résistantes »
Primus	0	1,7	1,6	0	0	
Jehan de Brie	0	4,0	2,0	4,0	1,6	Variétés « peu sensibles »
Multigrap	0	7,1	0	5,2	1,9	
V. Lochow	0	9,3	4,7	0	1,5	
Luciole	1,9	5,3	4,3	1,5	1,7	
Joanette	0	0	7,4	8,9	1,7	
Grise de Craponne	0	9,1	13,0	3,1	6,1	
Nordine	—	—	11,7	5,0	4,2	
Nappe d'Argent	0	26,0	6,6	6,6	1,1	
Montferrandaise	3,9	22,0	19,3	16,9	7,3	
Panache de Roye	5,7	25,1	15,5	17,8	16,7	
H. d'Orchies	—	—	11,6	33,3	6,6	
Bl. de Bersée	3,8	—	20,9	15,0	19,7	
Altesse jaune	3,8	—	19,3	22,4	16,4	
Ligowo III	0	31,4	18,8	32,0	17,2	Variétés « assez sensibles »
Aigle	7,6	41,6	18,6	12,6	19,6	
Victoire	9,4	37,2	27,7	22,4	8,1	
J. d'Artois	1,9	—	19,2	28,7	2,8	
Soleil II	5,8	41,0	35,2	22,4	10,0	
Trophée V.	13,2	41,9	31,3	26,1	10,1	
N. d'Herpinval	15,2	—	35,8	16,2	29,6	
Pégase	—	53,2	29,1	22,0	24,6	
Reine V.	5,7	53,0	38,0	32,4	8,9	
M. Binder	7,6	56,7	17,9	45,7	20,6	
Bellonne	—	—	44,0	25,0	27,0	
Bl. du Vieux Moulin	9,4	—	34,3	33,8	34,4	
Grise de Houdan (Schribaux)	7,6	—	42,1	40,7	7,8	
Synda	—	—	46,3	41,4	18,2	
Pluie d'Or II	9,4	66,2	68,7	20,0	24,0	Variétés « sensibles »
Grignonnaise	5,7	63,6	36,3	60,0	34,4	
Noire de Moyencourt	35,0	60,2	61,9	32,0	27,4	
Étoile	15,2	—	56,3	40,2	29,3	
Furie V.	13,2	74,2	57,4	52,5	20,7	
Fleur du Nord	—	—	61,2	37,6	38,3	
Starlette de Moyencourt	—	—	50,0	48,8	41,1	
Avoine de Versailles	35,8	70,9	46,6	53,3	28,6	
Espoir G.	13,2	77,0	56,2	64,6	19,7	
Bl. de Wattines	—	—	57,0	69,4	26,0	
Flamande D.	15,2	81,5	70,7	45,8	36,6	
Noire Précoce de Noisy	20,8	96,1	67,3	42,2	22,6	
Hâtive de la Délivrance	24,5	—	69,0	49,9	48,4	Variétés « très sensibles »
Véga	24,7	82,0	85,5	70,3	14,5	
Mantoise	15,2	—	88,6	69,6	53,6	

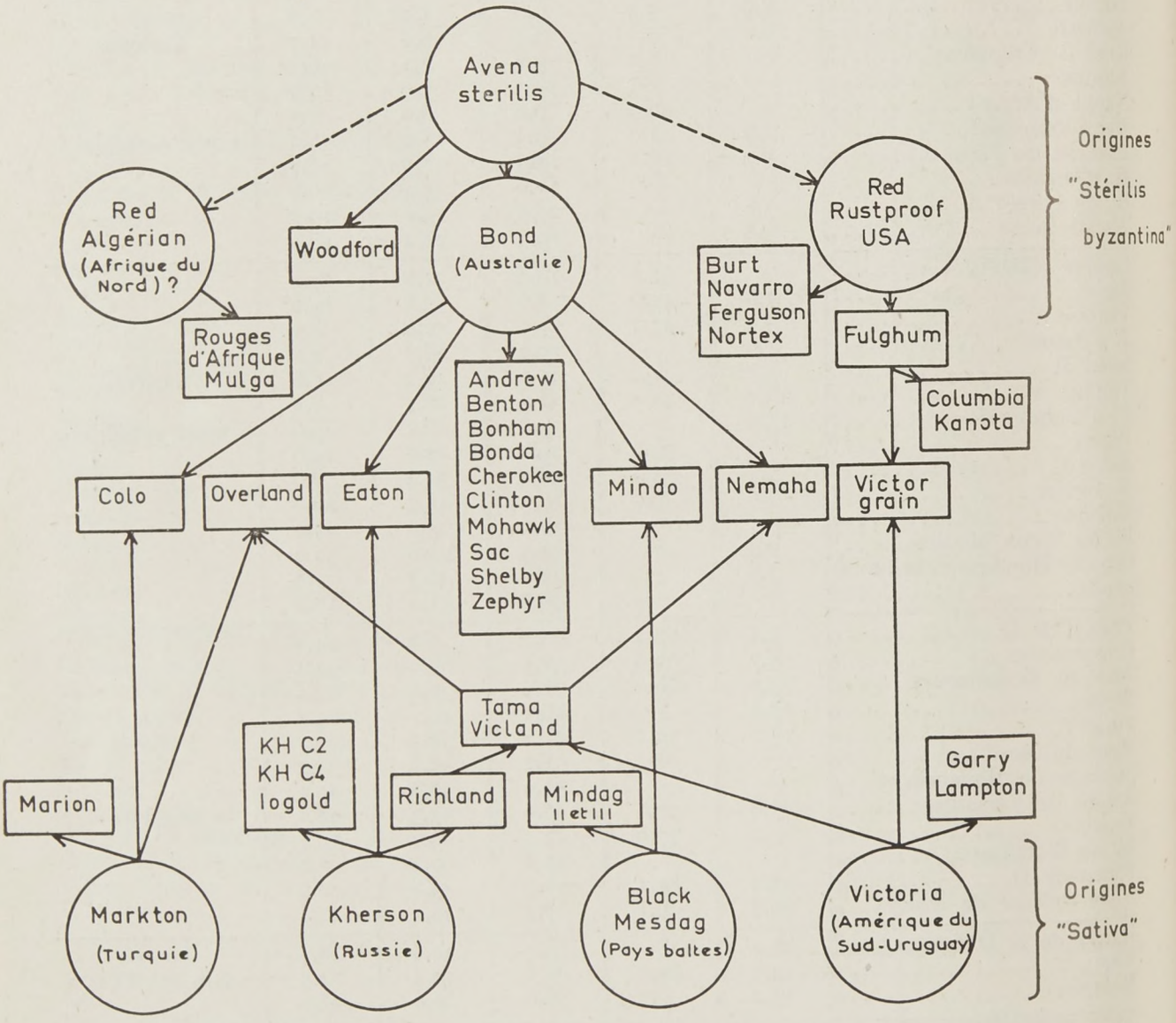
années de sélection d'un même géniteur de résistance : la — ou des — lignées *von Lochow*. Mais l'absence de variétés résistantes parmi les variétés-hybrides actuelles et l'obtention d'un bon nombre de lignées sensibles montre que l'on n'a pas toujours tenu compte dans la sélection des gènes de résistance susceptibles d'être apportés aussi bien par des géniteurs étrangers tels que *V. Lochow* que par nos propres populations de pays (*Joanette*).

Toutes les variétés étrangères que nous avons pu classer « résistantes » à notre provenance de charbon nu sont, au contraire, issues d'un impor-

tant travail de sélection qui, commencé il y a 40 ans, portait à la fois sur la résistance aux charbons nus et couverts et sur la résistance aux rouilles.

Dans ce travail d'hybridation, réalisé principalement aux Etats-Unis, deux groupes génétiques de résistance ont été utilisés. L'un est représenté par des variétés ou populations de l'espèce *A. sativa* : ce sont *Markton, Black Mesdag, Victoria et Richland*. L'autre est représenté par des variétés ou populations de type byzantina : *Red Rustproof* et *Bond*.

Tableau 13



Origines génétiques de résistance au charbon nu et quelques-unes des variétés qui en sont issues.

Le tableau XIII présente une généalogie schématique des principales variétés à partir de chaque groupe ou des deux conjointement.

Les variétés obtenues à partir de ces quelques géniteurs et dont un certain nombre ont figuré dans nos essais de résistance, sont donc, soit des « sativa » typiques, soit des « sativa imparfaits » parce qu'issues d'hybridations interspécifiques : en particulier, le second grain se désarticule plus mal que chez les types « sativa » purs. La plupart de ces variétés, trop sensibles à la verse, de précocité trop forte ou trop faible, et de grain

trop grossier, ne s'avèrent qu'assez mal adaptées à nos conditions de culture. Quelques-unes cependant ont paru pouvoir être utilisées dans le travail d'amélioration poursuivi à la Station de Versailles.

2. — Comportement à l'égard d'autres provenances.

L'étude systématique du comportement de toutes ces variétés à l'égard du plus grand nombre de populations de charbon n'a pu être poursuivie que de façon très incomplète : l'utilisation de certaines variétés comme géniteur dans le travail d'amélioration a tenu surtout compte de la permanence de leur résistance en d'autres pays.

Cependant deux provenances ont jusqu'à ce jour été particulièrement utilisées : une provenance « Dijon » (CRÉPIN, BUSTARRET, CHEVALIER) et notre provenance « Versailles ». Le comportement d'un certain nombre de variétés à l'égard des deux populations ne témoigne pas de différence sensible. La variété « Joanette » toutefois s'est avérée assez sensible à la provenance « Dijon » dans les essais de CRÉPIN, BUSTARRET et CHEVALIER. Mais il existe plusieurs lignées de *Joanette* et il n'est pas certain qu'il s'agisse dans les deux cas des mêmes lignées.

Deux autres provenances, l'une du Haut-Rhin (1952), l'autre de Meurthe-et-Moselle (1955) ont été expérimentées sur quelques variétés résistantes ou peu sensibles à la provenance. « Versailles » (*Markton, Garry, Black Mesdag, Rouge d'Algérie, Von Lochow*). Dans les deux cas, des résultats identiques à ceux obtenus avec la population de Versailles ont été observés.

Les hautes résistances décelées à l'aide de notre population locale de charbon nu peuvent donc être considérées comme valables sur une aire de culture appréciable.

En conclusion, l'infection artificielle de nos collections de variétés nous a permis de mettre en évidence des degrés divers de résistance génétique au charbon nu.

Nous avons discuté, par ailleurs, dans la première partie de l'exposé, de la valeur que l'on doit accorder aux résultats donnés par une technique d'infection artificielle et notamment de la concordance que l'on peut attendre de ces résultats avec la sensibilité pratique des variétés en contamination naturelle Nous apporterons, en dernier lieu, une preuve de cette concordance.

En 1953, 1954 et 1956, le degré d'infection de la ligne non décortiquée et non contaminée, placée au milieu des 4 lignes contaminées a été noté pour chaque variété. Le tableau XIV présente pour 3 groupes distincts de sensibilité (résultats des tests d'infection artificielle) le pourcentage moyen d'infection naturelle obtenu chaque année. Les pourcentages moyens d'infection naturelle et artificielle sont également comparés pour chaque année et pour l'ensemble des groupes.

Tableau XIV

Années	Infection naturelle dans trois groupes de sensibilité			Infection moyenne	
	assez résistantes à peu sensibles	assez sensibles	sensibles à très sensibles	contamination naturelle	contamination artificielle
1953.....	1,22	3,34	14,20	6,14	47,50
1954.....	0,74	8,94	4,00	4,44	35,00
1956.....	0	0,84	3,20	1,70	17,20
Moyenne	0,80	4,97	7,58		

L'on constate que la concordance est assez bonne entre les deux séries de résultats.

Les degrés de sensibilité au charbon nu qu'une méthode d'infection artificielle a mis en évidence apparaissent donc bien avoir toute la valeur pratique espérée.

Travaux d'amélioration.

Ce travail a débuté en 1932 à la Station d'Amélioration des Plantes de Dijon (fondation PLM), puis a été poursuivi depuis 1938 à la Station de Versailles. Très schématiquement il s'est effectué en deux étapes.

Dans un premier cycle de sélection, 3 groupes principaux d'hybrides ont été suivis.

— Le groupe « Markton » rassemblait plusieurs croisements de ce géniteur avec plusieurs lignées productives et résistantes à la verse :

Markton × (Noire Hybride Inversable × Soldanelle),

Markton × Lochow × (Ligowo × Brie) 176-7,

Markton × Mansholt Binder.

— Le groupe « Mesdag » comprenait des hybrides de ce géniteur avec des lignées du croisement Lochow × Naine noire.

— Enfin le groupe « Burt » rassemblait la descendance d'une série d'hybrides naturels trouvés dans cette variété.

Bien que retardée dans son développement pendant les années 1939 à 1944, cette sélection a abouti vers 1946 à l'obtention de quelques lignées très résistantes au charbon nu de Versailles comme de Dijon.

Une sélection rigoureuse ayant dû être effectuée parallèlement pour les qualités culturales (mauvaise adaptation du parent résistant), quelques-unes de ces lignées manifestaient déjà une assez bonne adaptation à notre milieu (résistance à la verse et précocité comparables à celles des meilleures lignées couramment cultivées à l'époque, telles *Pluie d'or II* ou *Avoine de Versailles*). Quelques résultats d'essais comparatifs de rendement réalisés par la suite devaient confirmer les qualités d'adaptation de ces lignées.

A l'issue de ce premier cycle de sélection, une deuxième étape a pu être entreprise dès 1947. D'une part des recroisements ont été effectués, d'autre part de nouvelles origines génétiques de résistance aussi bien au charbon nu qu'aux rouilles ont été recherchées et progressivement introduites dans notre sélection.

a) Recroisements.

Des recroisements effectués, seul l'un d'eux réalisé entre une lignée (*Markton* × *Binder*) et une variété de productivité très confirmée et très résistante à la verse, *Aigle*, a donné une descendance digne d'intérêt à la fois pour ses hautes qualités de résistance au charbon et ses caractères culturaux. La famille 23-9-4 notamment a manifesté dès les premiers essais de rendement une productivité intéressante (tableau XVI). De finesse supérieure à celle d'*Aigle*, cette descendance a fourni 2 lignées de précocité égale ou légèrement supérieure à celle de la variété *Avoine de Versailles* (demi-précoce), de résistance à la verse égale ou supérieure à celle des variétés *Aigle* et *Véga* et de productivité supérieure ou égale à celle de la variété *Véga* (tableau XV).

TABLEAU XV

	Rendement % du témoin Véga (1)	Précocité d'épiaison en jours (1)	Verse 0 = résistante 10 = sensible (1)	% d'amande	
				1955 ppds = 2,0	1956 ppds = 2,6
23-9-4-9-19	105,6	+ 2	1,1	69,9	73,0
-4	103,7	+ 2	1,9	67,2	74,6
-2-4-7	102,0	+ 2	2,5	—	73,8
-3	96,4	+ 2	3,0	—	75,3
25-6-3-7-13	97,7	0	0,8	—	71,6
-7-9-20	96,5	0	0,3	—	—
46-4-1-13-11	96,0	— 2	0,4	69,2	71,6
Aigle	94,0	+ 7	2,0	65,0	69,4
Véga	100,0	0	3,5	73,2	72,5

(1) Moyennes 1955-1956, Versailles.

b) Nouvelles origines génétiques.

Dès 1947, de nouveaux géniteurs ont été utilisés. Parmi ceux-ci une lignée de *Richland*, à grain jaune, très précoce, apportant une haute résistance au charbon et à certaines races de rouille noire, également la variété *Woodford* de type byzantina, fut utilisée en croisement avec la variété *Grignonnaise*.

Des deux origines de résistance, seul *Richland* a donné par croisement avec la variété *Soleil II* une descendance digne d'intérêt à la fois pour ses qualités de résistance, sa précocité et sa productivité (tableau XVII).

Malheureusement, la résistance à la verse de tous ces hybrides est insuffisante (sensibilité apportée par la lignée de *Richland* utilisée).

Tableau XVI

Numéros des familles + quelques variétés classiques	1953		1954		1955		1956					
	Versailles		Versailles		Versailles		Versailles		Rennes		Dijon	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
23-9-4	0	—	1	102,9	2	103,9	2	105,5	2	123,9	2	96,9
-2	1	95,1	1	91,2	2	97,6	2	100,8	0	—	0	—
25-6-3	1	101,2	1	84,5	1	93,1	1	102,3	0	—	0	—
-7	1	104,7	1	87,5	1	95,8	1	97,3	0	—	0	—
46-4-1	1	99,1	2	85,6	2	89,9	1	94,0	1	108,8	1	80,7
-2	1	102,8	2	86,0	3	89,4	0	—	0	—	0	—
Véga		100		100		100		100		—		—
Noire de Moyencourt		104,8		98,5		92,1		—		—		—
Aigle		100,6		100,1		93,3		96,0		—		—
Flamande		—		—		—		103,4		100		100
Δ = (3)		9,8		8,1		6,0		7,2		15,6		16,6

(1) Nombre de lignées mises en essai par famille.
(2) Rendement moyen en % du témoin.
(3) Plus petite différence significative entre les rendements de chaque lignée, exprimée en % du témoin.

Tableau XVII

	Rendement en % du témoin				Précocité d'épiaison (1)	Verse (2)	Pourcentage d'amande	
	Versailles 1955	Versailles 1956	Rennes 1956	Dijon 1956			1955	1956
Plus petite différence significative	6,0 %	7,2 %	15,6 %	16,6 %			2,0 %	2,6 %
5-9-4	98,3	96,4	97,6	80,8	— 1	7,9	68,0	70,1
4-4-6	94,6	104,5	—	—	— 3	5,2	—	
4-1-2	96,2	104,2	—	—	— 4	6,7	69,9	71,9
4-6-7	93,4	100,2	—	—	0	6,7	—	72,0
4-6-1	93,8	96,0	—	—	0	5,7	—	69,9
Véga	100,0	100,0	—	—	0	3,5	73,2	72,5
Flamande	—	103,4	100,0	100,0	+ 6	—	—	73,3
Aigle	93,3	96,0	—	—	+ 7	2,3	65,0	69,4

(1) Moyennes de 1955-1956, à Versailles.
(2) 0 = résistante.
10 = sensible.

Parallèlement à cette sélection (1947-1955) l'étude du comportement à l'égard du charbon nu et de la rouille couronnée des récentes variétés américaines mentionnées plus haut a permis d'en introduire quelques-unes comme géniteur dans notre sélection.

Parmi celles-ci, la variété *Garry*, issue de la variété *Victoria*, à grain blanc, demi précoce, hautement résistante aux provenances de charbon nu étudiées — et de rouille couronnée — a été très utilisée. Elle a été croisée dès 1952, d'une part avec une lignée de *Aigle* × (*Markton-Binder*), la lignée 46, la plus précoce, mais non la plus productive (information

postérieure), d'autre part avec des lignées sensibles au charbon, mais de très bonne adaptation culturale, issue de notre sélection :

Garry × Véga,

Garry × (Avoine de Versailles × Rigel),

Garry × (Avoine de Versailles × Soleil II).

Une autre variété, *Bonham*, issue de *Bond*, à grain blanc, extrêmement précoce, très résistante au charbon et aux rouilles était par la suite (1953) utilisée en croisement avec les mêmes lignées sensibles.

Enfin, plus récemment (1955) notre lignée de *Rouge d'Algérie* qui ajoute à un bon comportement à l'égard du charbon nu et à une faible sensibilité à notre provenance de rouille couronnée, une très haute résistance à l'oïdium a été utilisée en croisement avec des lignées sensibles.

A l'heure actuelle, le programme d'amélioration « charbon nu » se trouve donc inclus dans un plan général de sélection pour diverses résistances : il s'agit, par croisements successifs, accompagnés plus ou moins fréquemment de recroisements, de converger vers un type d'hybride associant plusieurs résistances à de bonnes qualités culturales.

Deux origines génétiques de résistance sont actuellement en cours d'association : le type *Markton* et le type *Victoria* (Garry), types qui ne paraissent pratiquement associés dans aucune des avoines américaines étudiées. Ici se pose cependant un problème : celui des souches de charbon nu pouvant servir à différencier les deux types génétiques de résistance. La recherche de telles populations dans nos régions de culture ou l'envoi des hybrides en diverses régions de France ou de l'étranger sera nécessaire pour vérifier dans la descendance de tels croisements, l'addition effective des gènes de résistance.

V. — CONCLUSION

L'étude de quelques-uns des aspects de la résistance variétale au charbon nu nous a permis, dans la première partie de cet exposé, de montrer que ce caractère, aussi bien dans ses manifestations extérieures que ses mécanismes, correspond à une réponse effective de la plante au parasite.

Le comportement d'une collection d'avoines françaises et étrangères nous a fait apparaître ensuite une échelle de sensibilité d'amplitude assez forte à l'intérieur des variétés cultivées en France ; malheureusement, la plupart de nos variétés les plus productives s'avèrent très sensibles. A l'inverse bon nombre de variétés étrangères et particulièrement américaines, issues de près d'un demi-siècle de sélection, manifestent de hautes qualités de résistance.

Enfin nous avons exposé les premiers résultats d'un travail d'hybridation poursuivi successivement aux Stations de Dijon, puis de Versailles, depuis un certain nombre d'années. Quelques lignées ayant comme géni-

teur de résistance la variété *Markton*, témoignent à l'heure actuelle d'une très forte amélioration sur le parent résistant. A une haute résistance au charbon, elles ajoutent une valeur culturale comparable à celle de nos meilleures avoines actuelles.

Un problème cependant se pose, qui concerne l'avenir en culture de telles lignées : quelle sera « la durée de vie » de leur résistance ?

L'hypothèse fondamentale des travaux d'hybridation qui concernent une résistance parasitaire est la possibilité d'atteindre les limites de variabilité du parasite en accumulant en un même génotype les facteurs de résistance nécessaires. En fait, ces limites ne nous sont pas connues et les travaux d'amélioration entrepris jusqu'à ce jour se sont toujours inscrits comme une réponse — et une réponse toujours tardive — à la manifestation de propriétés pathogènes nouvelles.

Sans doute la possibilité d'une solution définitive est fondée sur diverses observations ; nombreux sont les gènes de résistance qu'il est possible de rencontrer à l'intérieur des espèces cultivées et sauvages ; et nombreux aussi ceux qui contrôlent la résistance à diverses races. A l'heure actuelle, cependant, où de nombreux génotypes de résistance ont été créés dans tous les domaines, l'on ne peut dire, dans aucun cas, que le problème de la lutte antiparasitaire soit définitivement résolu. L'irruption de nouvelles « races » — même chez les parasites apparemment pas ou peu diversifiés — est toujours à redouter : la plante cultivée n'étant généralement que l'un des supports du parasite, celui-ci éliminé des champs de culture persiste chez certaines plantes sauvages d'espèces, voire de genres plus ou moins éloignés de la plante cultivée. La permanence de ces populations susceptibles d'évoluer rapidement par mutation ou par hybridation vers de nouveaux équilibres géniques, peut être le facteur d'une nouvelle expansion du parasite. Ainsi le charbon nu éliminé de la grande culture par une généralisation de variétés génétiquement résistantes, pourrait trouver refuge chez certaines espèces sauvages (*A. fatua, sterilis* par exemple) et pourrait même s'hybrider avec des charbons parasitant d'autres genres (le croisement d'*U. Avenae* et d'*U. holcii* a été réalisé et l'hybride est capable d'attaquer *A. sativa*).

Devant cette hypothèque toujours posée sur la réussite d'un travail d'amélioration dans le domaine parasitaire, quelques auteurs (Griffiths) se sont demandés si la haute résistance constitue le meilleur critère de sélection. Ne serait-il pas plus rentable, du point de vue agronomique, de rechercher plutôt une sensibilité suffisamment faible du parasite pour n'être plus préjudiciable aux récoltes et pour être par ailleurs durable ?

Sans doute une sélection pour une faible sensibilité pourrait être plus rapide, la proportion des hybrides éliminés étant plus faible. Cependant, le problème principal réside dans l'avantage que pourrait posséder, à l'apparition d'un biotype auquel elles seraient toutes les deux sensibles,

une variété peu sensible aux biotypes pré-existants sur une variété hautement résistante. Rien ne permet de dire que les biotypes déjà existants limiteront l'extension de tout autre biotype plus virulent et que, dans ce cas, comme dans l'autre, l'on ne se retrouvera pas devant un problème agronomique grave.

Sans que l'on puisse conclure, il est possible au moins de donner à la sélection pour une haute résistance l'avantage d'intervenir de façon directe dans la génétique du parasite, en le forçant à « essayer », à une vitesse accrue, des combinaisons de virulence chaque fois nouvelles, combinaisons qui, nous en sommes sûrs, sont en nombre fini.

VI. — RÉSUMÉ

Une étude du comportement à l'égard du charbon nu d'une collection importante de variétés d'avoine a été réalisée à la Station de Versailles (1949-1956). Quelques conclusions ont pu en être retirées.

En premier lieu, les mécanismes de la résistance variétale à ce parasite apparaissent comparables à ceux relatifs à la carie du blé. En particulier suivant la résistance manifestée par la plante, l'évolution du mycélium paraît s'arrêter à cinq stades principaux :

— non pénétration dans la plantule,
— développement limité à la plantule,
— développement dans la plante sans sporulation (infection latente),
— infection partielle,
— infection totale.

A l'exception d'un certain nombre d'avoines issues de la variété *Von Lochow*, et de quelques lignées issues de nos populations de pays (*Joanette*), la plupart de nos meilleures variétés actuelles se sont avérées très sensibles à la provenance de charbon nu utilisé. Il faut voir là le résultat d'une sélection qui n'a pas assez tenu compte de l'existence possible de gènes de résistance aussi bien dans nos populations locales que chez les variétés étrangères. A cet égard, le très bon comportement de nombreuses variétés américaines, issues d'un important travail d'amélioration, apparaît hautement significatif.

Les résultats d'un travail d'hybridation commencé en 1932 à la Station de Dijon et développé à la Station de Versailles sont enfin exposés. Des lignées issues de la variété *Markton* apparaissent associer aujourd'hui les hautes qualités de résistance au charbon nu de ce géniteur à de très bonnes qualités culturales.

Le problème de « la durée de la vie » en culture de tels hybrides résistants est, en conclusion, discuté.

Reçu pour publication le 15 *mars* 1957.

SUMMARY

The resistance of oats to loose smut.

A study of the response of an important collection of oat varieties to loose smut has been realised at the Plant Breeding Station of Versailles (1949-1956). Some conclusions have been drawn :

First, the mecanisms of varietal resistance to this parasite may be compared to those of wheat bunt. In particular, according to the resistance shown by the plant, the evolution of mycelium seems to stop at 5 main stages :

— non-penetration into the seedling,
— development limited to the seedling,
— development inside the plant without sporulation (latent infection),
— partial infection,
— total infection.

Except for some oats issued from the variety *von Lochow*, and some lines issued from our local populations (*Jeannette*), most of our best actual varieties are highly susceptible to the race of the used loose smut.

This is the result of a selection which has not enough taken into consideration the possible existence of genes of resistance, as well in our local populations as in the foreign varieties. In that respect, the very good behaviour of many american varieties issued from an important breeding work, appears to be highly significant.

The results of a work of hybridisation started in 1932 at the Plant Breeding Station of Dijon, and developed at Versailles, are given at the end of the study. Lines issued from the variety *Markton* seem to-day to add the high qualities of resistance to loose smut of this parent to very good cultural qualities.

The problem of the « length of life », in the field, of such resistant hybrids, is discussed in the conclusion.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Flugbrandresistenz des Hafers.

In Versailles, wurde ein grosses Sortiment Hafersorten auf ihre Resistenz gegen Flugbrand geprüft (1949-1956). Einige Schlussfolgerungen konnten dabei gezogen werden.

Erstens sind die Resistenzgrundlagen die selben wie bei dem Steinbrand des Weizens. Je nach der Resistenz der Pflanzen kann die Entwicklung des Mycels fünf Stadien erreichen :

— kein Eindringen in die junge Pflanze,
— begrenzte Entwicklung in der jungen Pflanzen,
— Entwicklung in der Pflanze ohne Sporenbildung,
— Teilweise Infektion,
— gänzliche Infektion.

Abgesehen von einigen Sorten die von der Sorte « von Lochow » abstammen und von einigen, aus einheimischen Populationen gezüchtete Linien (*Jeannette*) sind fast alle unsere besten Hafersorten gegen der benutzten Flugbrandrasse sehr empfindlich. Man findet hier das Ergebnis einer Züchtung die nicht genug mit den Resistenzgenen unserer einheimischen Sorten und auch der ausländischen Sorten gerechnet hat. In dieser Hiersicht ist die gute Resistenz vieler amerikanischer Sorten bedeutsam.

Die Ergebnisse einer, in Dijon 1932 begonnener und in Versailles frotgesetzter Züchtungsarbeit werden ausgelegt. Linien die aus Kreutzungen mit der Sorte *Markton* Stammen verbinden hohe Resistenz mit sehr guter Leistung.

Das Problem ob solche resistente Sorten lange ihre praktische Resistenz beibehalten wird besprochen.

РЕЗЮМЕ

Устойчивость к « Ustilago avenæ » *у культурнаго овса.*

К. МУЛЬ.

Изучение поведения по отношению к « Ustilago avenæ » значительной коллекции сортов овса, было проведено, от 1949 до 1956 года, на Станции в Версале.

Были выведенны некоторые заключения.

Прежде всего, механизмы сортовой стойкости к этому паразиту являются сравнимыми с теми, что наблюдаются с « Tilletia tritici ». В частности, в зависимости от сопротивления оказываемого растением, эволюция мицелия может прекратиться на пяти главных пунктах :

— не проникая в молодой росток;

— развитие, ограниченное в молодом ростке;

— развитие в растении, без производства спор (дремлющая инфекция);

— частичная инфекция;

— полная инфекция.

За исключением некотораго числа овсов, происходящих от сорта « Yon Lochow » и нескольких линий от наших местных попюляций (« Joannette ») — большинство наших лучших сортов настоящаго времени, оказались очень чувствительными к происхождению « Ustilago avenæ », использованнаго для опыта. В этом нужно видеть результат селекции, которая недостаточно учитывала возможности существования генов устойчивости в наших местных популяциях а так-же и в иностранных сортах.

В этом смысле, отличное поведение многих американских сортов, созданных большой работой мелиорации, является весьма полно-значущим.

Изложены результаты работы по гибридизации, начатой в 1932 на Станции в Дижоне и развитой затем в Версале. Линии вышедшие от сорта « Markton » проявляют, теперь, сочетание высокаго качества устойчивости по отношению к « Ustilago avenæ », с очень хорошими производственными качествами.

Проблема « долговечности » в производстве этих стойких гибридов разсматривается, как заключение.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aamodt (O. S.) et Platt (W. A.). — Varietal testing for the reaction of oats to diseases, specially covered smut. *Canad. Jour. of Res.*, 425-437, 1936.

Ausemus (E. R.). — Breeding for disease resistance in wheat, oats, barley and flax. *Bot. Rev.*, IX, 207-260, 1943.

Austin (W. W.) et Robertson (D. W.). — Inheritance of resistance to Ustilago levis (Kand S) (Covered smut) in a cross between Markton and Colorado 37 oats. *Jour. of Amer. Soc. Agr.*, **28**, 467-471, 1936.

Cherewick (W. J.) et Popp (W.). — Smuts of coarse grains in Manitoba. *Science Agric.*, **31**, nº 11, 1951.

Coffman (F. A.), Murphy (H. C.), Stanton (T. R.) et al. — New smut and rust resistant oats from Markton crosses. *Jour. of Amer. Soc. Agr.*, **30**, 797-815, 1938.

Coffman (F. A.), Stanton (T. R.), Bayle (W.). — Inheritance of resistance in oats to Ustilago levis. *Jour. of Agr. Res.*, **12**, 1931.

Crepin (C.), Bustarret (J.), Chevalier (R.). — La résistance des variétés d'avoine au charbon nu. *Ann. Epiphyt. et Phytogénet.*, IV, 3, 1938.

Crepin (C.) Bustarret (J.), Chevalier (R.). — Le problème de la création de blés résistants à la carie. *Ann. Epiphyt. et Phytogénét.*, III, 3, 1937.

Friedberg (R.). — Comportement des variétés d'avoine vis-à-vis du charbon nu. *Le Sélectionneur*, VIII, p. 153, 1939.

Griffiths (D. S.). — Distribution of genes of resistance in the genus Avena. 116th meeting of the genetical society. Aberystwyth 1955.

Holton (C. S.). — Physiologic specialization and genetics of the smut fungi. *Bot. Rev.*, **19**, p. 187, 1953.

Holton (C. S.), Rodenhiser (H. A.). — Physiologic specialization in the oat smut fungi and its relation to breeding oats for smut resistance. *Tech. Bull.*, U. S. Dep. Agric., nº 852, p. 16, 1948.

Johnston (C. O.). — Effects of soil moisture and temperature and of dehulling on the infection of oats by loose and covered smut. *Phytopatho.*, **17**, 1927.

Jones (E. T.). — The breeding of disease resistant varieties of oats. *Emp. Jour. Exp. Agric.*, **17**, 1949.

Murphy (H. C.), Stanton (T. R.), Coffman (F. A.). — Breeding for disease resistance in oats. *Jour. of Amer. Soc. Agr.*, **34**, 72-89, 1942.

Nicolaisen (W.). — Die Grundlagen der Immunitätzuchtung gegen Ustilago Avenae. *Z. Zucht. A. Planzenz.*, **19**, 1934.

Pohjakallio (O.). — Resistensförädling mot Ustilago hoshavre. Bretning our Nord. Jord. Foren. spette Kongrès Uppsala, 1938.

Reed (G. M.). — Inheritance of smut resistance in some oats hybrids. *Amer. Journ. Bot.*, **6**, 451-457, 1941.

Reed (G. M.), Stanton (T. R.). — Inheritance of resistance to loose and covered smuts in Markton oats hybrids. *Jour. Agr. Res.*, **56**, 159-176, 1938.

Roemer (Th.), Fuchs (W. H.), Isenbeck (K.). — Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. *Kühn Archiv.*, 1938.

Stanton (T. R.), Reed (G. M.), Coffman (F. A.). — Inheritance of resistance to loose smut and covered smut in some oat hybrids. *Jour. Amer. Soc. Agr.*, 248-258, 1942.

Torrie (J. H.). — Correlated inheritance in oats of reaction to smuts, crown rust, stem rust and other characters. *Jour. Agr. Res.*, **59**, 783-804, 1939.

Viennot-Bourgin (G.). — Les champignons parasites des plantes cultivées, 1949.

LA POLYPLOIDIE ET SES ASPECTS ÉVOLUTIFS EN RELATION AVEC L'AMÉLIORATION DES PLANTES

PAR

S. ESSAD

Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — **Le fait polyploïde.**

II. — **Les divers aspects de la polyploïdie.**

A. — L'Allopolyploïdie.
B. — L'Autopolyploïdie.
C. — La classification biosystématique et les amphiploïdes interécospécifiques.
D. — Polyploïdes complexes.

III. — **Conditions naturelles de formation et de conservation des polyploïdes.**

A. — Autoploïdes.
B. — Amphiploïdes intercénospécifiques.
C. — Amphiploïdes interécospécifiques.

IV. — **Conséquences pratiques et conclusions.**

INTRODUCTION

Un des processus fondamentaux de l'amélioration des plantes depuis ses origines, fut la sélection qui a consisté à trier parmi les espèces cultivées dans un milieu donné, les individus ou groupes d'individus les plus intéressants, soit pour leur productivité, soit pour leur qualité. Puis on s'aperçut que l'hybridation de types différents appartenant à une même espèce pouvait permettre l'obtention de variétés combinant les qualités des géniteurs. Le développement de cette technique d'hybridation fut lié à celui de la génétique, science née avec le XXe siècle et qui, démontant les mécanismes de la transmission des caractères héréditaires permit d'utiliser au maximum la variation *génique* rencontrée dans l'Espèce, variation recherchée systématiquement dans des collections vivantes rassemblant le plus grand nombre possible de *biotypes*. Cependant, la science biologique approfondit son champ d'action sur les êtres

vivants et détermine les possibilités d'augmenter artificiellement cette variation par l'induction des mutations en même temps que, par la connaissance des modalités du comportement chromosomique, l'introduction de caractères extra-spécifiques devenait non seulement pensable mais encore réalisable. Plus encore, par la combinaison de l'hybridation interspécifique et du doublement chromosomique que l'on effectue couramment depuis vingt ans, des espèces nouvelles, inconnues dans la nature, ont été créées, et ce domaine qui s'ouvre à peine est très prometteur. Cette synthèse d'espèces est une répétition, à un rythme accéléré, des processus impliqués dans l'Évolution, parmi lesquels la polyploïdie occupe une place privilégiée. C'est en effet le processus évolutif le plus frappant du règne végétal, en raison d'abord de son extension mais aussi parce qu'il est le plus facilement observable, et une connaissance approfondie des mécanismes complexes qu'elle implique est une condition du succès des résultats pratiques qu'il est possible d'en obtenir. Plusieurs de ces mécanismes sont connus depuis longtemps et sont devenus classiques ; d'autres ont été découverts plus récemment. Nous nous proposons ici, en choisissant quelques exemples et sans vouloir faire une revue bibliographique exhaustive, d'exposer ceux qui nous paraissent les plus importants.

I. — LE FAIT POLYPLOIDE

Le nombre de chromosomes que renferment les cellules somatiques des individus appartenant à une même espèce a, sauf exception, un caractère constant. Ce nombre $2n$ de chromosomes fait partie des caractères spécifiques au même titre que les traits morphologiques et le comportement physiologique et, comme ces mêmes caractères, il varie ou peut varier d'une espèce à une autre.

Le regroupement des dénombrements chromosomiques effectués sur l'ensemble des Phanérogames a été réalisé notamment par Darlington en un volumineux ouvrage intitulé *Atlas chromosomique* probablement par analogie avec les atlas géographiques qui décrivent les apparences actuelles de la terre et permettent des déductions précises sur l'évolution structurale sous-jacente qui est du domaine de la géologie. La Cytogénétique est précisément cette science fondamentale qui, des données superficielles de l'Atlas chromosomique permet de passer aux hypothèses sur les modes évolutifs en se basant sur l'analyse structurale des chromosomes. Or, il suffit de parcourir ce recueil pour s'apercevoir qu'à l'intérieur de chaque groupement naturel, que ce soit la famille, la tribu ou même le genre, le nombre de chromosomes des espèces varie tantôt en formant des séries régulières dont les termes sont des multiples d'un nombre basal x (séries *euploïdes* des genres *Triticum*, *Rubus* etc.),

tantôt en formant des suites de nombres apparemment incoordonnés (séries *aneuploïdes* des genres *Brassica*, etc.). Cette variation du nombre de chromosomes à l'intérieur d'un même groupe euploïde est désignée sous le nom global de *polyploïdie* et on désigne couramment le type polyploïde par son degré de ploïdie par rapport au nombre basal : haploïde x, diploïde $2x$, triploïde $3x$, tétraploïde $4x$, etc. Par exemple :

Gramineae		
Triticum.....	$2n =$ 14, 28, 42	$x = 7$
Festuca	14, 21, 28, 35, 42, 56, 70	$x = 7$
Sorghum	10, 20, 40, 60	$x = 5$
Rosaceae		
Rubus (Rosaceae).	14, 21, 28, 35, 42, 56	$x = 7$
Prunoideae	16, 24, 32, 48, 64, 176	$x = 8$
Spiraeoideae	16, 18, 27, 36, 54	$x = 8\,9$
Pomoideae	34, 51, 68, 85	$x = 17$

II. — LES DIVERS ASPECTS DE LA POLYPLOIDIE

A. — L'allopolyploïdie.

Le cas du genre *Triticum* est particulièrement simple. La méiose des différentes espèces qu'il renferme est généralement régulière, c'est-à-dire que les associations chromosomiques s'y font par deux et que la disposition des chromosomes sur la plaque équatoriale est normale. Par suite le nombre de chromosomes retrouvés dans la descendance est constant. L'intérêt présenté par ce genre est dû à ce que les 7 chromosomes du stock haploïde (ou des gamètes) des espèces diploïdes $2n = 2x$ (*T. monococcum*, *T. aegilopoides*) que l'on désigne globalement sous le nom de *génome A*, se retrouvent dans les espèces $4x$ juxtaposés à un autre génome de 7 chromosomes le génome B (*T. durum*, *T. dicoccum*...) ou le génome G (*T. Timopheevi* p. ex.) et que les génomes A et B se retrouvent juxtaposés à un quatrième génome D, chez les espèces hexaploïdes telles que *T. vulgare*, *T. sphaerococcum*, *T. spelta*.

Cette notion de génome est fondamentale dans l'étude de la polyploïdie et cette importance provient du fait qu'il constitue l'unité physiologique élémentaire indispensable au développement harmonieux de l'individu par la juxtaposition dans les chromosomes d'un ensemble de gènes qualitativement et quantitativement équilibrés. Toute modification de cette architecture par soustraction ou addition d'un ou plusieurs chromosomes du génome entraîne une rupture de cet équilibre pouvant déterminer une inviabilité totale.

Mais dans un même ensemble interfertile les génomes ne sont pas nécessairement composés d'un même nombre de chromosomes. Le genre *Brassica* en donne une excellente illustration. Par l'analyse cytogénétique des hybrides F1 réalisés entre les différentes espèces du genre, Morinaga (1934) y a démontré l'existence de 3 nombres de base diffé-

rents $x = 8$, 9 et 10 qui sont en fait les stocks chromosomiques élémentaires des formes numériquement inférieures du groupe. Ces 3 génomes sont aussi fonctionnellement différenciés et se retrouvent associés deux à deux dans les formes numériquement supérieures sans que se produisent d'associations entre chromosomes appartenant à des génomes différents. On peut donc schématiser les relations des différentes espèces du genre *Brassica* de manière simple (fig. 1).

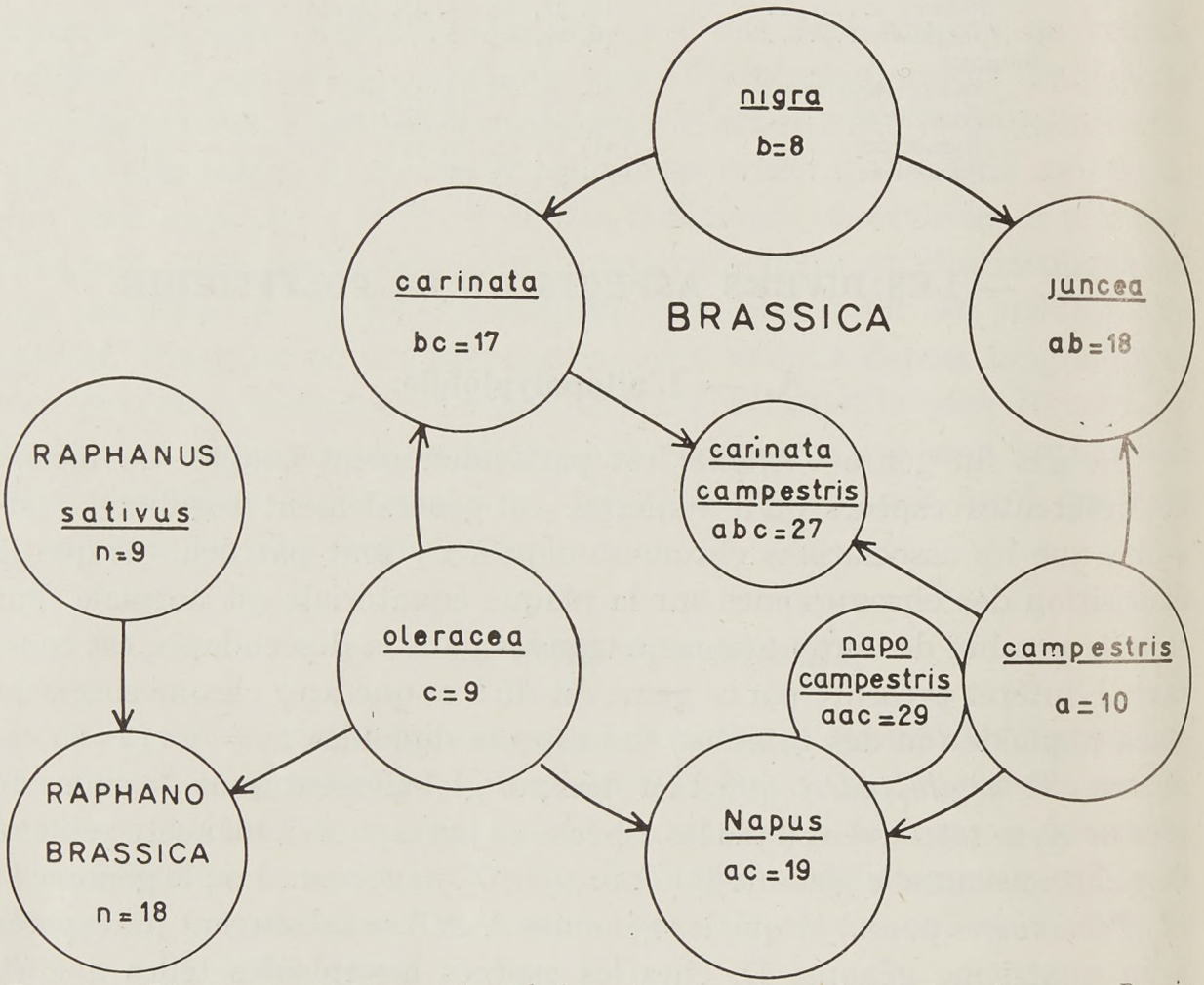


FIG. 1. — Diagramme représentant les relations chromosomiques des espèces du genre *Brassica* et des allopolyploïdes synthétiques auxquels ces espèces ont donné naissance.

Il est intéressant de remarquer que les combinaisons possibles des différents génomes impliqués dans la formation de ce genre ne sont pas toutes réalisées dans la nature. On a en effet pu combiner les espèces *Napus* et *campestris* élevant ainsi le nombre de génomes associés à trois qui réalisent une nouvelle espèce stable à 58 chromosomes appelée *B. Napocampestris* (FRANDSEN et WINGE 1932) de même que HOWARD (1942) a pu synthétiser l'hexaploïde *B. campestris-carinata* aussi stable que le précédent. Une autre synthèse analogue a été réalisée par KARPECHENKO (1927-28) entre l'espèce *B. oleracea* et une autre espèce appartenant à un genre voisin, *Raphanus sativus* à $n = 9$: l'allotétraploïde *Raphano-Brassica*, à partir duquel la valeur du lien qui unit les différents chromosomes d'un même génome a été mise en lumière par SHCHAVINSKAYA

(1937) qui, le recroisant par le parent *Brassica* observe dans la descendance l'élimination spontanée du génome *Raphanus*.

Parmi les exemples cités de séries polyploïdes le cas des Pomoideae mérite d'être approfondi en raison de la modalité de variation du nombre chromosomique de base que lui ont attribué DARLINGTON et MOFFETT (1930), modalité controversée par STEBBINS (1950) dont l'argumentation met en valeur les méthodes employées dans l'analyse phylogénique des espèces végétales.

Étudiant le comportement cytologique des chromosomes du genre *Pyrus* appartenant précisément à la tribu des Pomoideae, DARLINGTON et MOFFETT ont mis l'accent d'une part sur l'apparition occasionnelle de tétravalents en métaphase I de méiose et d'autre part sur l'existence *d'appariements secondaires* (accolements réalisés à la métaphase I de méiose entre chromosomes déjà appariés, décrits pour la première fois par ISHIKAWA 1911) aboutissant à la répartition des 17 bivalents en 7 groupes, phénomènes révélant l'existence d'une sorte d'homologie résiduelle entre certains chromosomes du stock haploïde. Et ils ont conclu à l'existence d'une *polyploïdie secondaire* consistant en la juxtaposition dans la nouvelle formule de génomes entiers et partiels incomplètement différenciés à partir d'un génome originel dont ils retrouvent la trace dans les espèces, genres ou tribus voisins. C'est ainsi que DARLINGTON (1937) signale d'autres cas de polyploïdie secondaire chez *Nicotiana*, *Dahlia*, *Solanum*. En ce qui concerne le cas particulier de *Pyrus*, DARLINGTON et MOFFETT lui attribuent la formule génomique suivante, où chaque chromosome est représenté par une lettre affectée d'un indice correspondant au génome auquel il appartient, génome dérivé du stock basal élémentaire de 7 chromosomes rencontré chez les Rosoideae :

a_1	a_2	a_3	
b_1	b_2	b_3	
c_1	c_2	c_3	$x_2 = 17$
d_1	d_2		
e_1	e_2		
f_1	f_2		
g_1	g_2		

Une première critique avait été élevée par SAX (1931-32) qui constate l'absence d'appariements secondaires dans les autres genres de la tribu, et, sur la base de caractères morphologiques, fait dériver les Pomoideae des Prunoideae à $x = 8$ ($8 + 8 + 1 = 17$). STEBBINS cite ce travail et montre les analogies existant entre ces deux tribus : forme des feuilles, types d'inflorescences, caractères des sépales et des pétales, présence d'amygdaline qui ne se rencontre nulle part ailleurs dans la famille des Rosacées. Il note par ailleurs que d'autres caractères des Pomoideae se retrouvent chez les Spiraeoideae, telle la constitution des fleurs à 5 carpelles avec plusieurs ou de nombreux ovules et conclut logiquement que les Pomoideae sont de simples amphidiploïdes issus de la combinaison de

génomes des Spiraeoideae à $x = 9$ et des Prunoideae à $x = 8$. Quant aux associations secondaires observées chez *Pyrus* comme dans les espèces où elle a été rencontrée par ailleurs, elles seraient, toujours selon STEBBINS, dues à des translocations sans rapport de causalité avec la polyploïdie. « It is therefore not a reliable index of the exact basic haploid number possessed by the original ancestors of a group. »

Le caractère commun aux genres *Triticum*, *Brassica* et aux Pomoideae est donc leur évolution numérique par juxtaposition de génomes bien différenciés. Quel que soit le degré de ploïdie qu'on y rencontre on n'y observe en méiose, sauf exception, que des bivalents. La fertilité de ces types combinés est aussi bonne que celle des types diploïdes qui leur ont donné naissance. Leurs caractères morphologiques sont généralement intermédiaires entre ceux des parents ou bien ils combinent les caractères de ceux-ci. L'ensemble de ces caractères définit l'*Allopolyploïdie*.

B. — L'Autopolyploïdie.

Il existe une autre forme de polyploïdie dont les caractères s'opposent entièrement à ceux des allopolyploïdes : c'est l'*autopolyploïdie* qui associe dans les cellules somatiques des individus un nombre de génomes homologues supérieur à deux. Si l'on remplace dans cette définition le mot « génomes » par « chromosomes » ou « partie de génome » il s'agit alors de *polysomie* que l'on peut en ce sens considérer comme un cas particulier de l'autopolyploïdie.

Dans ce domaine il n'existe aucune caractéristique de valeur absolument générale : tout critère d'autopolyploïdie qui se voudrait universel se heurte à l'existence d'exceptions, que ce soit sur le plan morphologique, physiologique ou sur le plan de la méiose. Il importe donc de se limiter d'abord à l'étude du comportement des autopolyploïdes indubitables, c'est-à-dire de formes artificiellement doublées auxquelles nous adjoindrons cependant quelques exemples naturels caractéristiques qui permettront d'envisager les conséquences évolutives probables de cette autopolyploïdie typique.

Les différences relevées sur les autotétraploïdes par rapport au diploïde qui leur a donné naissance sont de tous ordres mais peuvent être essentiellement rattachées à la cause primaire : l'augmentation du nombre des chromosomes et du volume nucléaire, celui-ci étant lié au volume cellulaire par la constance du *rapport nucléo-plasmique*, qui n'est cependant valable que jusqu'à un certain niveau de ploïdie, variable avec les espèces considérées (octoploïdie pour *Poa pratensis* par exemple) et au-delà duquel le volume cellulaire ne s'accroît plus et peut même régresser, s'accompagnant alors de nanisme (cf. MYERS, 1947). On peut rapprocher de ce fait établi par plusieurs auteurs le cas du rendement en sucre de la betterave

dont l'optimum se situerait au niveau $3n$ selon des modalités qui seront précisées plus loin.

Sur le plan morphologique ces différences consistent surtout en un accroissement des dimensions des organes végétatifs et floraux (notamment du pollen) ainsi que des fruits. On peut aussi noter chez les Graminées une réduction sensible du tallage. L'augmentation de la taille ainsi que l'accroissement de vigueur ne sont pas des caractères constants. Les $4n$ sont fréquemment plus tardifs et leur composition chimique subit des variations : réduction du taux de matière sèche, augmentation concomitante du pourcentage de substances solubles ; on a aussi constaté chez les fruits et légumes une élévation de la richesse en vitamines. Sur le plan anatomique, en corrélation avec la réduction du taux de matière sèche, on constate généralement une réduction relative des tissus de soutien. Mais le caractère le plus général des autopolyploïdes est la réduction de fertilité, elle-même sous la dépendance des irrégularités méiotiques provoquées par la réunion de plus de deux chromosomes homologues.

Dans le cas des polyploïdes d'ordre impair ou *périssoploïdes* ($3n$, $5n$,...) il est évident que la répartition des chromosomes entre les gamètes sera irrégulière, d'où stérilité. Ces périssoploïdes n'ont chance de subsister que s'ils possèdent un système de multiplication végétative.

Un exemple typique de comportement *artioploïde* (polyploïdes d'ordre pair) est celui des autotétraploïdes où chaque chromosome se trouve à la prophase en présence de 3 homologues : chaque segment de chromosome ne pouvant s'associer qu'à un seul des trois segments homologues correspondants il va y avoir compétition pour l'appariement dans chaque groupe de quatre homologues. Le résultat en sera la constitution en métaphase soit d'un tétravalent IV (association de quatre chromosomes) ou de deux bivalents II dans les cas les plus favorables, soit d'un III + I, soit, en raison des obstructions apportées par le phénomène de compétition, d'un II + deux I. Le maintien des quatre chromosomes à l'état d'univalents est fort improbable sans l'intervention d'une cause d'asynapsis supplémentaire.

Quelles vont être les conséquences d'un tel état de fait ?

1° Les *bivalents* vont subir une dissociation parfaitement régulière ;

2° Les *trivalents* se répartiront aux pôles en 2 + 1, les *univalents* subissant soit une répartition aléatoire entre les pôles, soit un clivage expédiant chacune des chromatides-sœurs à un pôle. Lors de la division II ces chromatides seront, sauf l'exception d'un nouveau clivage, réparties au hasard entre les pôles ou bien perdues dans le cytoplasme où elles constituent les micro-nucléi qui, dans les grains de pollen en formation, sont précisément l'indice de l'existence d'univalents en anaphase I et n'ont pas d'autre signification. Il faut donc voir dans l'existence des trivalents et des univalents une cause importante de déséquilibre numé-

rique des chromosomes dans les gamètes, déséquilibre numérique déterminant un déséquilibre physiologique qui, suivant son importance est ou non compatible avec le développement ultérieur du pollen et du sac embryonnaire.

3° Les tétravalents se disjoindront également ou non, suivant que les quatre centromères seront ou non en position active sur le fuseau (fig. 2).

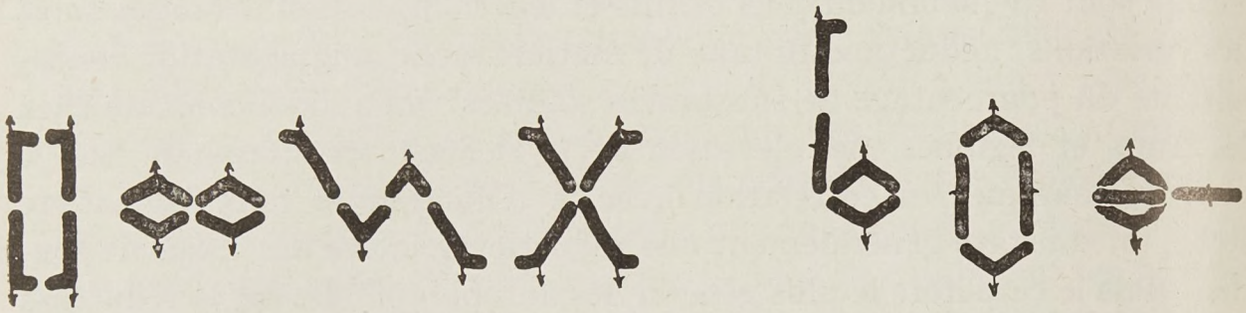


FIG. 2. — Types fonctionnels de Tétravalents : IV déterminés (à gauche), IV indéterminés (à droite) ; ceux-ci ne se disjoindront pas nécessairement de façon symétrique lors de l'anaphase I de méiose.

Il apparaît donc que la formation de tétravalents ne met pas l'autotétraploïde à l'abri d'une stérilité dite chromosomique. Il convient cependant de préciser que les tétravalents déterminés sont beaucoup plus fréquents que les autres dont la disjonction est elle-même souvent symétrique. Les données suivantes illustrent bien les conséquences des processus qui viennent d'être décrits.

TABLEAU I

Associations de Métaphase I chez les autotétraploïdes

Espèces	4n	IV	III + I	II	I	Auteurs
(1) Secale cereale	28	4,05	0,24	5,37	0,10	MUNTZING 1951
(1) Secale cereale	28	3,80	0.17	6,03	0,06	MUNTZING 1951
(2) Lolium perenne.....	28	2,95	0,05	7,89	0,20	ESSAD 1956
(3) Hordeum bulbosum ...	28	4,08	0,10	5,58	0,12	CAUDERON 1956
(4) Dactylis glomerata....	28	3,3 à 4,4	—	—	—	MYERS & HILL 1940-42
(5) Beta vulgaris.....	36	1,3	0,5	13,6	2,2	MARGARA & OMETZ 1955

(1) — (5) = 4*n* artificiellement créés
(2) = 4*n* spontané
(3) — (4) = espèces naturelles établies
(*) Les chiffres donnés sont des moyennes par cellule.

TABLEAU II

Fréquences des disjonctions 14-14 *en anaphase I chez les autotétraploïdes* 4n = 28.

Secale cereale.....	40 à 86 % des cellules examinées	MORRISON 1956
Lolium perenne.....	52,5 % des cellules examinées	MYERS 1945
Lolium perenne.....	64,5 % des cellules examinées	ESSAD (non publié)
Hordeum bulbosum ..	76 % des cellules examinées	CAUDERON (non publié)

Les variations numériques constatées sont encore visibles dans les descendants des tétraploïdes ou dans les populations d'autotétraploïdes, qui se maintiennent cependant au niveau initial, comme il est possible de s'en rendre compte d'après les résultats recueillis par MUNTZING (1933 et 1951) dans des populations de Dactyle (*4n* naturel) et de Seigle (*4n* artificiel).

TABLEAU III

Pourcentages des différentes classes numériques de chromosomes dans des populations autotétraploïdes (4n = 28). (*d'après* MUNTZING).

4n =	26	27	28	29	30	
Seigle.....	—	7	77	13	—	+ 2 à 3 % de déviations inférieures à 27 — supérieures à 29
Dactyle.....	2	9	80	8	1	

Étant donné que le pollen est classiquement plus sensible aux déséquilibres géniques il est curieux de constater que si, d'après le même auteur, les meilleures variétés de seigle *4n* forment, par rapport au nombre de fleurs, 62 p. 100 de grains contre 80 chez le *2n* correspondant, la fertilité pollinique est morphologiquement normale (90 à 100 p. 100). Cette valeur élevée de la fertilité mâle est confirmée par nos propres observations sur *Lolium perenne 4n* dont le pourcentage de pollen normal par observation microscopique sur préparations colorées est de 89, valeur nettement supérieure à celle de la souche diploïde d'où il est issu spontanément.

On a avancé l'hypothèse d'une possibilité de régularisation des processus méiotiques des autotétraploïdes, mais ce faisant on ne précise généralement pas à quelle possibilité on fait allusion, car il semble bien que deux processus indépendants soient confondus dans les allégations des différents auteurs.

1° La première possibilité de régularisation peut consister en une « diploïdisation » du mécanisme réductionnel, cette diploïdisation consistant en la suppression des multivalents, les associations chromosomiques se réalisant par paires, comme chez un diploïde normal. Des exemples naturels de tels comportements sont cités par DARLINGTON (1937) : l'octoploïde *Dahlia variabilis* et le tétraploïde *Tulipa turkestanica*, où chaque chromosome participe à un seul chiasma. Nous avons vu de même la réduction importante du nombre des multivalents chez *Beta vulgaris 4n* par rapport aux graminées confrontées.

Rapporter ces différences de comportement à la longueur des chromosomes, comme on l'a supposé, est une hypothèse fort probable, bien que cette explication ne soit pas universellement valable. Mais il est improbable, bien qu'on le postule toujours, que la réduction de fréquence

des chiasmas, phénomène génique chez les autopolyploïdes, apporte une régularisation parfaite. La réalisation des chiasmas n'a en effet pour résultat que de *maintenir* les chromosomes *préalablement appariés* sous l'action de facteurs probablement indépendants d'après ce que l'on sait actuellement, de ceux qui induisent la formation des chiasmas. Si chez un autotétraploïde formant une proportion donnée de chaque type d'association on réduit le nombre des chiasmas, toutes autres conditions égales par ailleurs, on aboutira vraisemblablement à accroître le nombre d'univalents en métaphase au moins autant que la fréquence des bivalents, et la régularité des disjonctions sera loin d'être accrue.

I → I
II → II + I possibles
III → II + I
IV → II + I possibles

Il semble *a priori* qu'un procédé valable pourrait être la concentration des blocs d'appariements par lesquels commencent les associations en une zone restreinte des chromosomes, ceci pouvant entraîner comme épiphénomène, la réduction du nombre des chiasmas. On peut aussi envisager la production de très nombreux remaniements structuraux tendant à isoler les chromosomes homologues 2 à 2, comme l'a avancé STEBBINS pour expliquer les phénomènes d'affinité différentielle rencontrés chez certains hybrides interspécifiques qui seront étudiés plus loin.

2° Il est cependant inéluctable d'envisager une modalité génique de régularisation des disjonctions des autotétraploïdes comme le mettent en évidence certains travaux. Ainsi, BREMER (1954) analyse le comportement méiotique de certains seigles autotétraploïdes, au moment de leur création et après 3 années de sélection portant sur la fertilité : il observe la première année 50 p. 100 de cellules en anaphase I présentant la disjonction équilibrée 14-14, et ce pourcentage passe à 75 la 3e année. Il attribue cette régularisation à la sélection réalisée chaque année sur la fertilité qui passe, au cours des six premières années, de 60 à 75 p. 100 de la normale tandis que le nombre moyen de chromosomes retardataires en anaphase I passe de 0,49 à 0,16 par cellule. Par contre, MORRISON (1956) travaillant dans le même sens sur *Secale Cereale* autotétraploïde soutient l'absence de régularisation méiotique sous l'influence de la sélection pour la fertilité, mais ses premières observations sont effectuées sur une population déjà sélectionnée depuis 15 ans. Il est donc possible d'admettre qu'une amélioration se réalise au cours des premières générations par la sélection de certains génotypes et que le processus se stabilise très rapidement.

L'influence considérable de la constitution génique (ou cytoplasmique) sur les fréquences des associations liées à l'autopolyploïdie est bien mise en lumière par MYERS (1942-45) qui a relevé des différences significatives entre plantes en ce qui concerne les fréquences de IV et

d'I, tant chez *Dactylis glomerata* que chez *Lolium perenne* 4*n*. Ce même auteur a relevé aussi entre plantes une corrélation inverse entre ces fréquences de IV et d'I, ce qui s'accorde parfaitement à nos considérations théoriques *supra* sur l'influence d'une réduction des chiasmas : toute réduction de la fréquence des IV liée à une réduction des chiasmas s'accompagne d'une augmentation des fréquences d'I, donc d'une réduction de la régularité disjonctionnelle. Cette proposition entraîne un corollaire très important : *la régularisation génique* du comportement méiotique des autotétraploïdes est liée à l'*augmentation* des fréquence de chiasmas. Le mécanisme impliqué se démonte aisément : il est en effet fort vraisemblable qu'une proportion sensible des I a subi une association prophasique partielle avec un de ses homologues, association non maintenue faute de chiasma ; par ailleurs la probabilité de formation d'un chiasma entre deux chromosomes associés au zygotène est nécessairement fonction de la longueur de la zone appariée quelles que soient les variations de cette probabilité sur la longueur totale du chromosome. Par conséquent, toute augmentation de la densité des chiasmas sur les chromosomes aura pour conséquence une réduction du nombre des univalents au profit de la fréquence des IV.

Cependant les anomalies disjonctionnelles des autotétraploïdes ne suffisent pas toujours à expliquer la réduction de fertilité et Muntzing (1936) est amené à postuler une stérilité de nature purement physiologique dite *stérilité diplontique* et qui serait due à une action maternelle de nature inconnue, indépendante de la constitution génétique des gamètes. On peut citer le cas des *Oenothera franciscana* (Davis 1933) chez qui des individus 3*n* ont une fertilité pollinique supérieure à celle des 4*n*. Muntzing signale aussi chez la Tomate 4*n* un grainage faible malgré une bonne fertilité pollinique et une disjonction numérique convenable des chromosomes en méiose (Lindstrom et Koos, 1931). Randolph (1941) explique ainsi les fortes variations de fertilité qu'il constate dans le maïs 4*n* : « It is concluded from the cytological analysis of the fertile and sterile 4*n* stocks, that chromosomal irregularities in meiosis probably account for reduction in fertility from 5 to 15 per cent, but the higher amounts of self-sterility must be due to other causes. » Il en veut pour preuve la haute fertilité des diploïdes parthénogénétiques rencontrés (avec une fréquence d'environ 1 p. 1 000) dans ses diverses lignées 4*n*.

Dans la nature il est très difficile d'affirmer que telle différence entre un individu dont le comportement chromosomique à la méiose laisse supposer l'origine autotétraploïde et son ancêtre 2*n* supposé soit due uniquement au doublement chromosomique, et ceci pour 2 raisons. La première est que le doublement chromosomique isole fortement les deux niveaux. Tout d'abord il est fréquent qu'on ne puisse obtenir aucun descendant

après pollinisation $2n$-$4n$. Ensuite, lorsque des individus hybrides sont réalisables, leur état $3n$ les rend eux-mêmes stériles. Donc on peut toujours supposer que les $4n$ naturels se sont progressivement distingués de leurs géniteurs $2n$ par un processus d'évolution indépendante d'autant plus vraisemblable que la réduction de fertilité du tétraploïde crée pour lui des exigences particulières d'adaptation. C'est ce qui explique vraisemblablement la corrélation généralement rencontrée entre autopolyploïdie et multiplication végétative, depuis longtemps remarquée et dont DARLINGTON (1956) rassemble quelques exemples particulièrement remarquables, entre autres celui rapporté par SAKISAKA (1950) du parallélisme extraordinaire d'évolution de trois genres (*Chrysanthemum, Polygonum, Dioscorea*) dont les niveaux 4,6 et $8x$ correspondent respectivement à l'apparition et au développement progressif d'un système rhizomateux alors que le niveau $2x$ ne présente pas de rhizome. Sans se prononcer sur l'origine pré-ou post-adaptative de ce caractère fréquent des autopolyploïdes, DARLINGTON en fait un cas particulier de sélection réciproque (« mutual selection ») : sélection jouant sur deux facteurs combinés qui, séparément, sont sélectivement indifférents et il conclut : « Mutual selection is always the most probable basis of apparent drift. »

La deuxième raison qui rend douteuse l'attribution de tel caractère particulier d'un autotétraploïde naturel au seul doublement chromosomique a été développée par CLAUSEN, KECK et HIESEY (1945) puis STEBBINS (1947) qui reprennent un certain nombre de cas connus et montrent que le caractère supposé original du polyploïde se retrouve fréquemment chez la forme diploïde : soit dans certains écotypes, soit chez un type voisin. Ils avancent ainsi que *Dactylis glomerata*, espèce $4x$, dont l'adaptabilité est exceptionnelle et qui est particulièrement résistante aux conditions de sécheresse des climats tempérés ne serait pas comme on le supposait, une simple forme autotétraploïde de *Dactylis Aschersoniana* $2n=14$, qui ne se rencontre que dans les lieux ombragés, mais plutôt un hybride doublé entre *D. Aschersoniana* et une autre forme diploïde méditerranéenne : *D. abbreviata* ou *D. hispanica*, toutes deux prospérant en milieux secs et ensoleillés. Par la suite MYERS (1948) a réussi la synthèse de *D. glomerata* à partir de *D. Aschersoniana* et d'une forme diploïde du genre, originaire d'Iran.

La réalité de ces critiques réduirait à peu de chose l'originalité créatrice du doublement chromosomique en lui-même. L'influence de ce processus aurait surtout consisté à permettre la combinaison de caractères appartenant à des formes différentes. Toute l'importance évolutive de la polyploïdie retomberait sur l'allopolyploïdie dans un sens très large, c'est-à-dire sur la combinaison doublée de deux stocks géniques élémentaires et ce, quel que soit le type d'appariement chromosomique observable. Cependant il est une conséquence évolutive très importante de l'autopo-

lyploïdie, c'est la possibilité qu'elle apporte à des espèces interstériles au niveau $2x$ de se croiser au niveau $4x$ ainsi que FAGERLIND (1937) l'a mis en évidence chez *Galium*.

Cette dernière partie de la discussion met en évidence l'imprécision des termes d'auto-et d'allopolyploïdie qui peuvent être employés soit pour désigner le comportement chromosomique, soit pour définir l'origine du polyploïde considéré, acceptions qui sont loin de concorder dans tous les cas. Or cette ambiguité ne ferait que s'accentuer dans la poursuite de cet exposé, c'est pourquoi il est nécessaire d'introduire ici une nomenclature systématique indispensable dans le domaine des hybridations interspécifiques où se rencontrent tous les intermédiaires entre auto-et allopolyploïdie avec toutes les combinaisons possibles entre les quatre significations de ces deux termes.

C. — La classification biosystématique et les amphiploïdes interécospécifiques.

CLAUSEN J., KECK D.D. et HIESEY W.M., ont étudié expérimentalement les rapports qui unissent les populations naturelles, plus particulièrement depuis 1938, et ont publié en 1945 un ouvrage remarquable : « Experimental studies on the nature of species-II : Plant evolution through amphiploidy with examples from the Madiineae ». Ils se placent dès l'abord sur le plan de l'Évolution et admettent comme critère fondamental des relations entre groupes, la fertilité des hybrides et de leurs descendants qui définit leur dépendance évolutive. Ils en ont tiré une classification dite *biosystématique* qui, étant donné la complexité des phénomènes rencontrés est aussi satisfaisante que possible et dont la valeur se confirme dans l'étude des polyploïdes. Selon cette classification, la différenciation se répartit selon son importance en quatre degrés dont la désignation, et la définition sauf une (celle de la cénospecies), sont tirées des nomenclatures de TURESSON (1922 à 29) pour les trois premiers échelons, de DANSER (1929) pour le dernier (fig. 3).

1° *L'écotype* est un groupe d'individus étroitement apparentés adaptés localement à un type de milieu défini. Lorsque des écotypes d'une même écospecies sont réunis, l'échange de gènes entre eux n'est absolument pas limité, si ce n'est par les modalités éventuelles de leur biologie florale.

2° *L'écospecies* marque la limite du libre échange génique. Selon la définition originale que TURESSON adopte en 1929, l'écospecies est une population amphimictique dont les constituants dans la nature produisent des descendants viables et fertiles, mais donnent naissance à des descendants moins viables ou plus ou moins stériles dans la nature quand ils sont croisés avec les membres de toute autre écospécies. La définition

de CLAUSEN, KECK et HIESEY est plus souple : « Species capable of a limited interchange of genes with one another are ecospecies of one cenospecies. » L'écospecies correspond à l'espèce ou à la sous-espèce géographique des taxinomistes.

3° *La Cénospecies* correspond à une inhibition totale de l'échange de gènes. Les hybrides entre cénospecies d'un comparium sont entièrement stériles à moins qu'intervienne un processus de doublement chromosomique qui donne naissance à une nouvelle espèce autonome combinant les caractères des deux parents. Elle peut correspondre au genre ou à l'espèce.

4° *Le Comparium* est l'ultime division biosystématique puisqu'à son niveau les hybridations ne sont plus possibles. L'évolution d'un comparium est de ce fait limitée à ses propres ressources. Dans beaucoup de groupes de plantes le comparium correspond au genre mais il peut aussi réunir plusieurs genres. Ainsi le comparium *Triticum* réunit les genres *Triticum, Secale, Agropyrum, Haynaldia, Ægilops, Elymus, Hordeum et Sitanion.*

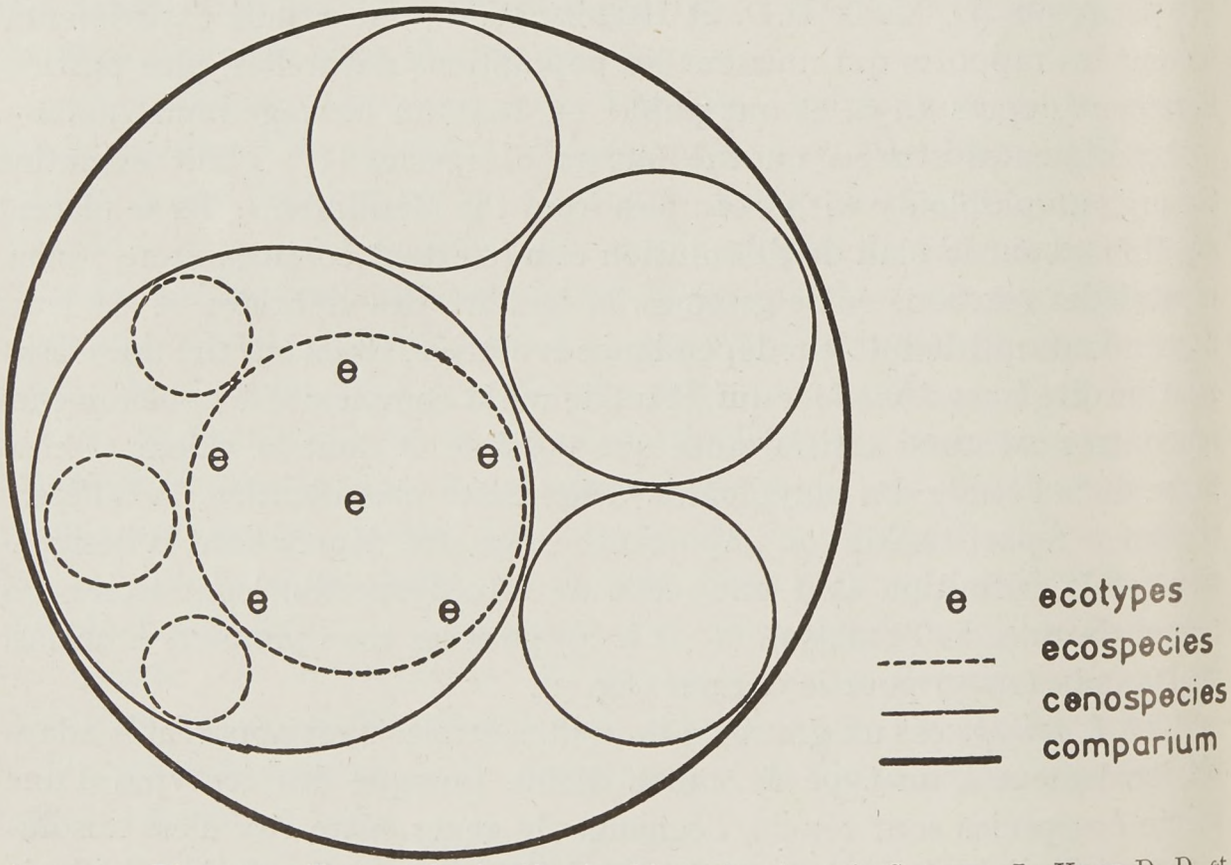


FIG. 3. — Diagramme illustrant la classification biosystématique de CLAUSEN J., KECK D. D. et HIESEY W. M. (adapté de TURESSON, 1922 *b*).

En se référant aux données actuelles de la génétique et de la cytogénétique on peut ramener ces définitions à l'unité d'échange qui caractérise les différents niveaux : le gène, le système polygénique et le chromosome ou le génome. Il est bien évident que si ces quatre types d'unités biosystématiques représentent des nœuds évolutifs importants, ils sont cependant reliés par de nombreux stades intermédiaires.

Partant de ces principes les auteurs appellent *autoploïdie* la multiplication des génomes dans les limites d'une écospecies, ce terme englobant tous les cas d'autopolyploïdie que nous avons vus précédemment. Par ailleurs, l'*amphiploïdie* consiste en « l'addition de tous les chromosomes d'espèces distinctes. Dans le sens le plus strict du terme, ces espèces appartiennent à des cénospecies distinctes. Dans le sens le plus large amphiploïdie incluerait aussi l'addition des chromosomes d'écospecies appartenant à une même cénospecies mais ces cas sont de caractère transitoire et généralement moins stables ».

Ce sont précisément ces cas intermédiaires entre l'auto-et l'allopolyploïdie qui vont à présent nous retenir car ils constituent une fraction notable des hybrides artificiels que l'on peut actuellement réaliser soit en vue d'analyses purement spéculatives sur les liens de parenté qui unissent les diverses formes d'un même ensemble, soit en vue de l'obtention d'un éventail de variations plus important où le sélectionneur pourra puiser, dans son travail d'amélioration des plantes économiques.

Deux écospecies appartenant à une même cénospecies, du fait de leur aptitude à échanger des gènes doivent présenter une homologie chromosomique au moins partielle, avec des nombres chromosomiques identiques ou voisins. Par conséquent, on peut s'attendre à un appariement entre chromosomes et à une disjonction des caractères des parents. Cependant la limitation des échanges géniques suppose la réalisation chez ces espèces d'équilibres physiologiques différents liés à une architecture génique complexe. Cet équilibre sera rompu à partir de la méiose F1, cette rupture étant d'autant plus sensible que les parents seront plus éloignés, d'autant plus néfaste pour la fertilité F1 et la viabilité de la F2 qui, si elle se réalise, pourra donner naissance à des recombinaisons nouvelles, donc à de nouvelles possibilités évolutives.

Muntzing (1930-32) a ainsi réalisé la synthèse de *Galeopsis Tetrahit* $4x = 32$ à partir de ses parents putatifs $2x$, *G. pubescens* et *G. speciosa*.

7 plantes F1 obtenues présentent une fertilité pollinique moyenne de 8,25% et un appariement des 16 chromosomes assemblés variant entre 5 et 8 II. La F2 exprime une forte ségrégation et la fertilité pollinique moyenne passe à 22% pour les 197 individus obtenus parmi lesquels une plante $3n$ est stérile. Recroisée par le parent *G. pubescens* elle produit une seule plante tétraploïde, issue donc d'un gamète non réduit et dont la méiose est à peu près normale avec 16 II mais présence occasionnelle d'I et une fertilité mâle de 70%. Autofécondée, cette plante identique à *G. Tetrahit* donne naissance à 190 descendants dont 2/3 sont indistinguibles de leur géniteur. Parmi ces 2/3, environ 15% sont des hyperploïdes à 33 chromosomes.

Tout ceci s'accorde fort bien avec les prévisions, cependant un phéno-

mène très particulier doit être relevé : l'appariement *sensu stricto* des chromosomes, convenable chez la F1 est encore meilleur chez les alloploïdes qui ne présentent qu'une variabilité faible. Ce qui signifie que chaque chromosome peut s'associer à un chromosome appartenant au génome de l'autre espèce, mais cet appariement « illégitime » ne se produit plus lorsque chaque chromosome se trouve en présence de sa réplique exacte, c'est-à-dire lorsque chaque génome est représenté deux fois dans le stock somatique, ce qui est le cas dans l'amphiploïde. Si l'on désigne par *a* et *a'* les chromosomes des génomes G et G' susceptibles de s'apparier dans la F1 *2n*, *a* va s'unir exclusivement à *a* et *a'* à *a'* lorsque l'hybride F1 aura été doublé. On dit que *a* et *a* ou *a'* et *a'* sont *homologues* alors que *a'* et *a* sont *homéologues*. Suivant la terminologie de WADDINGTON (1939) les associations *aa* et *a'a'* sont *homogénétiques*, l'association *aa'* étant *hétérogénétique*, réservant les termes d'*auto*-et d'*allosyndèse* pour désigner suivant la définition originale de LJUNGDAHL (1924) et l'acception de DARLINGTON les associations entre chromosomes issus respectivement du même gamète parental et de gamètes parentaux différents (selon STEBBINS 1947).

Cet *appariement différentiel* est expliqué par STEBBINS sur la base de ce qu'il appelle *cryptic structural differentiation* consistant en de multiples remaniements structuraux des chromosomes des deux stocks parentaux, l'un par rapport à l'autre, ces remaniements étant trop petits pour provoquer des anomalies cytologiquement visibles mais suffisamment nombreux pour réduire sensiblement les possibilités d'appariement entre les chromosomes supposés initialement homologues. Selon ce même auteur ces minuscules remaniements seraient précisément la cause de la stérilité de la F1 *2n*, et il englobe ce type d'hybrides sous le nom d'*allopolyploïdes segmentaires*.

L'exemple de *Galeopsis Tetrahit* est typique. Les caractéristiques de ce croisement se retrouvent plus ou moins modifiées chez les autres hybrides interécospécifiques, tels *Primula kewensis* qui marque une tendance sensible vers l'autotétraploïdie par la formation d'une certaine proportion de tétravalents. L'amphidiploïde *Lolium perenne L.* × *Festuca pratensis* Huds. (ESSAD, 1956) marque une limite extrême vers l'autotétraploïdie du comportement hybride interécospécifique. Le tableau IV illustre bien les modalités du déséquilibre génique des hybrides.

La F1 *2n* montre une asyndèse sensible, insuffisante cependant pour justifier la forte stérilité mâle étant donné que nous avons pu étudier un *Lolium* asyndétique présentant 76 % de cellules en AI avec disjonction normale (c'est-à-dire 7-7) et qui possède une fertilité pollinique de 79 %. L'amphidiploïde montre une fréquence de IV potentiels [IV et (III + I)] identique à celle du *Lolium perenne 4n* qui lui est comparé,

de même que le rapport IV potentiels sur II. Les deux stocks parentaux sont donc absolument homologues : toute hétérologie entre chromosomes des deux génomes associés entraînerait en effet une réduction sensible, non seulement de la fréquence des IV potentiels mais encore et surtout du rapport IV potentiels sur II. L'asynapsis observée en MI chez les F1 *2n* et *4n* peut donc être attribuée exclusivement à une action génique. L'accroissement de la fertilité pollinique chez la F1 *4n* peut être rapproché de la plus grande tolérance des polyploïdes, comparés aux diploïdes, vis-à-vis de la poly- ou de la nullisomie, outre la réduction des échanges entre chromosomes appartenant à des génomes différents et l'existence d'une probabilité chiffrable d'obtenir des gamètes *Lolium* ou *Festuca* purs. La RI *2n* présente, en même temps qu'un retour très net à la normale, une disjonction de la fertilité pollinique.

TABLEAU IV

Origine	Désignation	*2n*	Nbre de plantes	Moyenne par cellule				Total I p. 100 chromos.	% AI 14-14 ou 7-7	% bon pollen
				IV	III + I	II	I			
Lolium perenne... Festuca pratensis .	Parents		4	—	—	13,981	0,019	0,14	—	84
♀ Lolium × ♂ Festuca	F_1 *2n*	14	5	—	—	13,476	0,524	3,75	77	1,4
♀ F_1 *2n* × ♂ Lolium	R_1 *2n*		19	—	—	13,888	0,112 o à 0,46	0,80	—	o à 90
F_1 *2n* somatiquement doublée... Lolium doublé spontanément ..	F_1 *4n*	28	2	2,312	0,596	7,399	1,666	7,73	26,2	41
	L 29-5		1	2,95	0,05	7,89	0,20	0,89	64,5	89

Cet exemple d'amphidiploïdie n'entre dans aucune des catégories cytologiques jusqu'ici établies : ce n'est évidemment pas un allopolyploïde et il ne peut être classé parmi les autopolyploïdes en raison de la forte stérilité qui le caractérise et qui suppose une différenciation physiologique très importante bien que son comportement chromosomique ne révèle aucune différence structurale et le distingue des « allopolyploïdes segmentaires » dont la stérilité au niveau *2n* n'est donc plus justiciable de la seule action des micro-remaniements postulés par STEBBINS. Par contre, il entre très exactement dans la définition des amphiploïdes interécospécifiques dont il partage au niveau *2n*, outre la méiose, l'aptitude *limitée* à se recroiser avec les espèces parentes. Indiquons seulement que l'hybride F1 présente une fertilité globale (tenant compte du grainage et des pourcentages de germination) de 15 à 20 fois plus faible que celle des parents, explicable par l'élimination sélective d'une partie importante de la recombinaison (ESSAD, 1954).

Selon CLAUSEN, KECK et HIESEY « *...the future of an amphiploid of this kind is uncertain, although biologically it represents an improvement over the less successful diploid hybrid.* » Citons seulement pour mémoire la stabilité relative immédiate du *Galeopsis Tetrahit* de synthèse décrit *supra*, la disjonction de certains caractères des parents de *Primula kewensis* (NEWTON et PELLEW, 1929) et le cas d'*Aquilegia Janczewskii* où l'appariement chromosomique est proche de l'autotétraploïdie mais qui présente une stabilité plus grande qu'au niveau $2n$. Dans ce dernier exemple il faut noter (SKALINSKA, 1937 ; cité par CLAUSEN, KECK et HIESEY) que la différenciation physiologique apparente des espèces parentes *A. chrysantha* et *flabellata* est nettement moins importante que celle de *Lolium perenne* et *Festuca pratensis*.

D. — Polyploïdes complexes.

Nous ne terminerons pas cet exposé des modalités de la polyploïdie chez les végétaux supérieurs sans préciser qu'auto- et allopolyploïdie ne s'excluent pas mutuellement. L'espèce hexaploïde *Phleum pratense* par exemple serait issue du croisement d'une espèce $2n$, *P. nodosum*, avec *P. alpinum* auto-$4n$ et, si l'on désigne par A un génome élémentaire de *P. alpinum* et par N celui de *P. nodosum*, la formule génomique haploïde de *P. pratense* serait AAN (GREGOR, 1930-31 ; NORDENSKIOLD, 1937).

III. — CONDITIONS NATURELLES DE FORMATION ET DE CONSERVATION DES POLYPLOIDES

A. — Autoploïdes.

L'apparition d'autotétraploïdes est un phénomène sporadique dans les populations végétales. Leur conservation et *a fortiori* leur extension dépend de leur valeur sélective, comparée à celle des diploïdes qui leur ont donné naissance. L'autotétraploïde initial se trouve handicapé dès l'abord par son état d'isolement qui le réduit à s'autoféconder ou à donner naissance à des triploïdes, pratiquement stériles, lorsque le croisement $4n \times 2n$ est possible. Dans le cas d'une espèce allogame, cette condition d'autogamie est synonyme de stérilité quasi totale donc de disparition à la génération suivante sauf si par hasard un second tétraploïde se trouve dans le voisinage, probabilité extrêmement faible que vient cependant renforcer la pérennité de l'espèce lorsqu'elle existe. Ce qui suggère l'hypothèse aisément démontrable d'une fréquence plus élevée de formes autopolyploïdes dans les genres pérennes. Ce cap étant franchi, la stérilité relative du polyploïde constitue un facteur sélectif défavorable qui devra être compensé par une adaptabilité supérieure à celle du $2n$ pour

permettre un développement parallèle des deux types. En fait, on estime actuellement que le doublement ne confère pas par lui-même une différenciation suffisamment avantageuse pour permettre l'établissement de la formule génomique doublée et que cet établissement suppose à l'origine une hybridation interécotypique favorable, hypothèse d'autant plus vraisemblable que l'on a constaté une influence favorisante très nette des états hybrides sur le doublement spontané du stock chromosomique, que ce soit par l'intermédiaire des gamètes ou directement dans le zygote.

On peut dire que l'équilibre chromosomique des populations autopolyploïdes est statistique d'après les exemples cités tout à l'heure : élimination sélective des formes hypo- et hyperploïdes avec conservation d'un mode très net au niveau du stock euploïde. Ici pas de remaniements létaux possibles ; seulement duplications et délétions de chromosomes entiers.

Au point de vue génétique l'autopolyploïdie est un facteur de stabilisation de par la juxtaposition de 4 allèles pour chaque gène.

B. — Amphiploïdes intercénospécifiques.

A la base de la formation des allopolyploïdes stricts se trouve la condition de coadaptation fonctionnelle, chez la F1, des génomes parentaux. Cette condition réalisée, le doublement se produit par l'intermédiaire des gamètes où la non-réduction est une nécessité vitale et où cette non-réduction est relativement fréquente en raison même du non-appariement chromosomique qui provoque la formation de noyaux de restitution en division I de méiose. Dans certains cas la génération polyploïde peut se trouver réalisée directement sur la F1 (synthèses de *Madia nutrammii, M. citrigracilis, Layia pentaglossa* réalisées par Clausen, Keck et Hiesey, *Raphano-brassica* de Karpechenko, *Triticale* plusieurs auteurs) lorsque les étamines sont, ou peuvent être accidentellement déhiscentes. Lorsque les étamines ne s'ouvrent pas à maturité, cas fréquent dans les hybrides interspécifiques, on peut envisager un mode de doublement passant par le détour d'une génération de back-cross : AA × BB → AB × AA → AAB → gamètes viables sont A ou AB et l'union de deux gamètes AB donne naissance à une plante AABB amphiploïde.

Les conditions d'implantation de la nouvelle espèce sont identiques à celles des autopolyploïdes à la différence près que sa fertilité n'est normalement pas inférieure à celle des géniteurs et son caractère essentiel est la combinaison stable des caractéristiques parentales, surtout favorables lorsqu'elles sont complémentaires.

C. — Amphiploïdes interécospécifiques.

L'hybride F1 étant réalisé se heurte à une première difficulté qui lui est propre : la proximité phylétique des espèces parentes rend le recroisement beaucoup plus probable que dans le cas des allopolyploïdes typiques aussi bien que dans celui des autotétraploïdes, d'autant que la stérilité mâle y est généralement importante. De plus l'identité des génomes initiaux est totalement perdue à la méiose si bien que tous les descendants sexuels de la plante hybride sont nécessairement perdus pour la création d'une souche amphiploïde et ne peuvent que permettre l'*introgression* c'est-à-dire le transfert de certains caractères géniques d'une espèce à l'autre. Par conséquent deux procédés restent seuls valables pour l'obtention naturelle de l'amphiploïde :

1° Réalisation directe par l'association interspécifique de gamètes *2n* d'origine fortuite comme l'a constaté SKALINSKA dans sa synthèse de *Aquilegia Janczewskii* ou bien issus d'autotétraploïdes, origine probable de *Galium ochroleucum* selon FAGERLIND.

2° Doublement somatique spontané d'autant plus réalisable que la plante présentera un caractère de pérennité plus accusé : telle est l'origine de *Primula kewensis* *4n* qui est apparue spontanément sous forme de rameaux fertiles observés en 1905, 1923 et 1926 dans le jardin botanique de Kew sur l'hybride *2n* développé spontanément en 1899.

L'avenir de l'amphiploïde dépend essentiellement de l'éloignement phylétique des espèces associées : sa stabilité est identique à celle des alloploïdes intercénospécifiques s'il ne se produit plus d'associations hétérogénétiques. Par contre, et c'est le cas général, s'il se produit encore des recombinaisons de génomes, la viabilité se conservera d'autant mieux que la régulation physiologique des parents présentera moins de différences parce que les échanges auront moins de répercussions sur l'équilibre génique. On peut dire d'une manière un peu sommaire qu'à partir d'un certain niveau de différenciation physiologique, l'indépendance chromosomique doit être totale. En fait, la viabilité d'un amphiploïde interécospécifique, plus que celle d'un allopolyploïde typique, est compatible avec une certaine fréquence d'associations hétérogénétiques, dans la mesure où les combinaisons déséquilibrées qu'elles engendrent sont suffisamment rares et peuvent être éliminées sans nuire à la fertilité globale de la population. Cette condition de viabilité ne doit pas être confondue avec la condition de stabilité qui suppose éliminée toute hétérozygotie entre les chromosomes du stock susceptibles de s'apparier. De ce fait, une déduction s'impose : la possibilité d'isoler à partir de l'amphiploïde initial un nombre variable de souches différentes et stables. Les conséquences évolutives en sont importantes et son intérêt pour le sélectionneur n'a pas besoin d'être souligné.

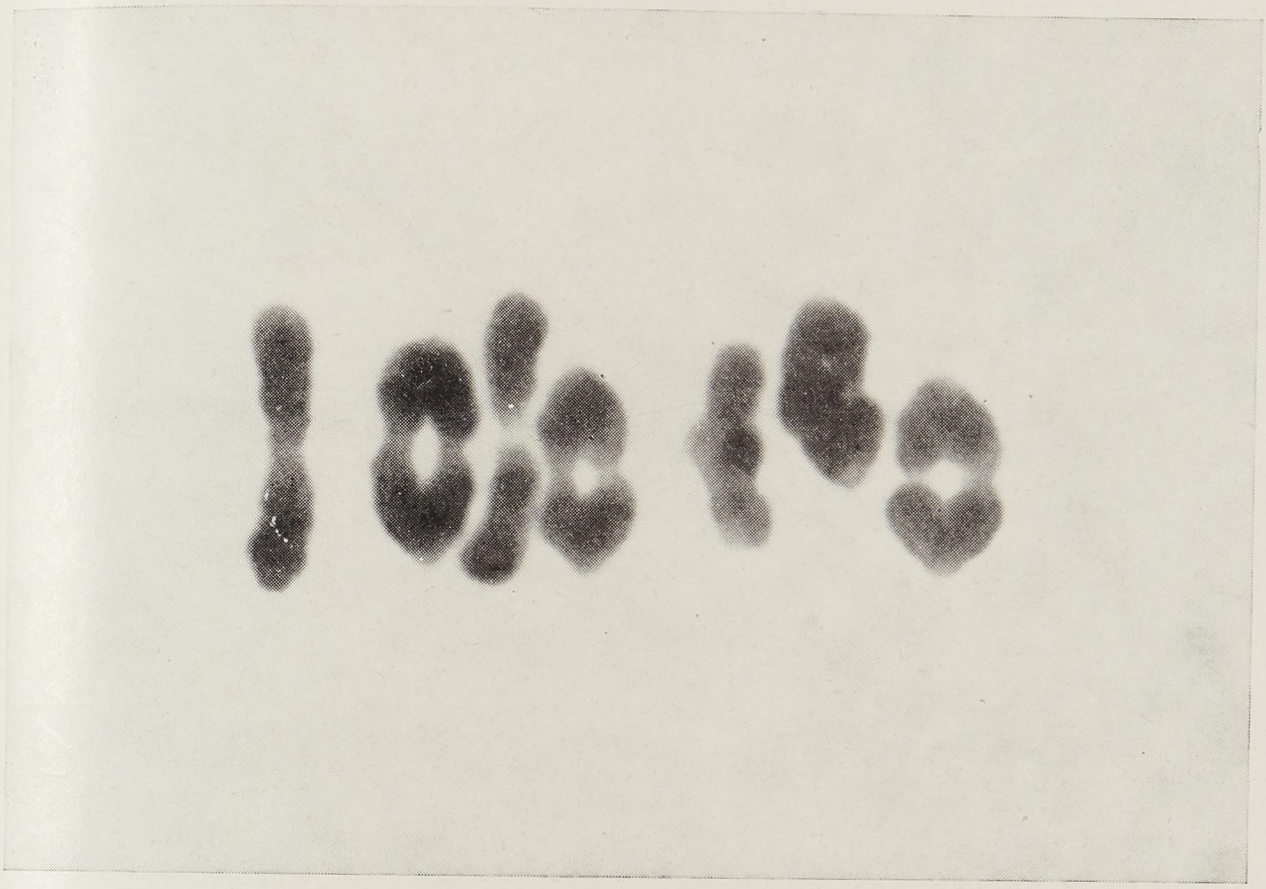


FIG. 4. — Métaphase I de méiose chez *Lolium perenne* L. $2x = 14$ (Amplification 3.850 x).

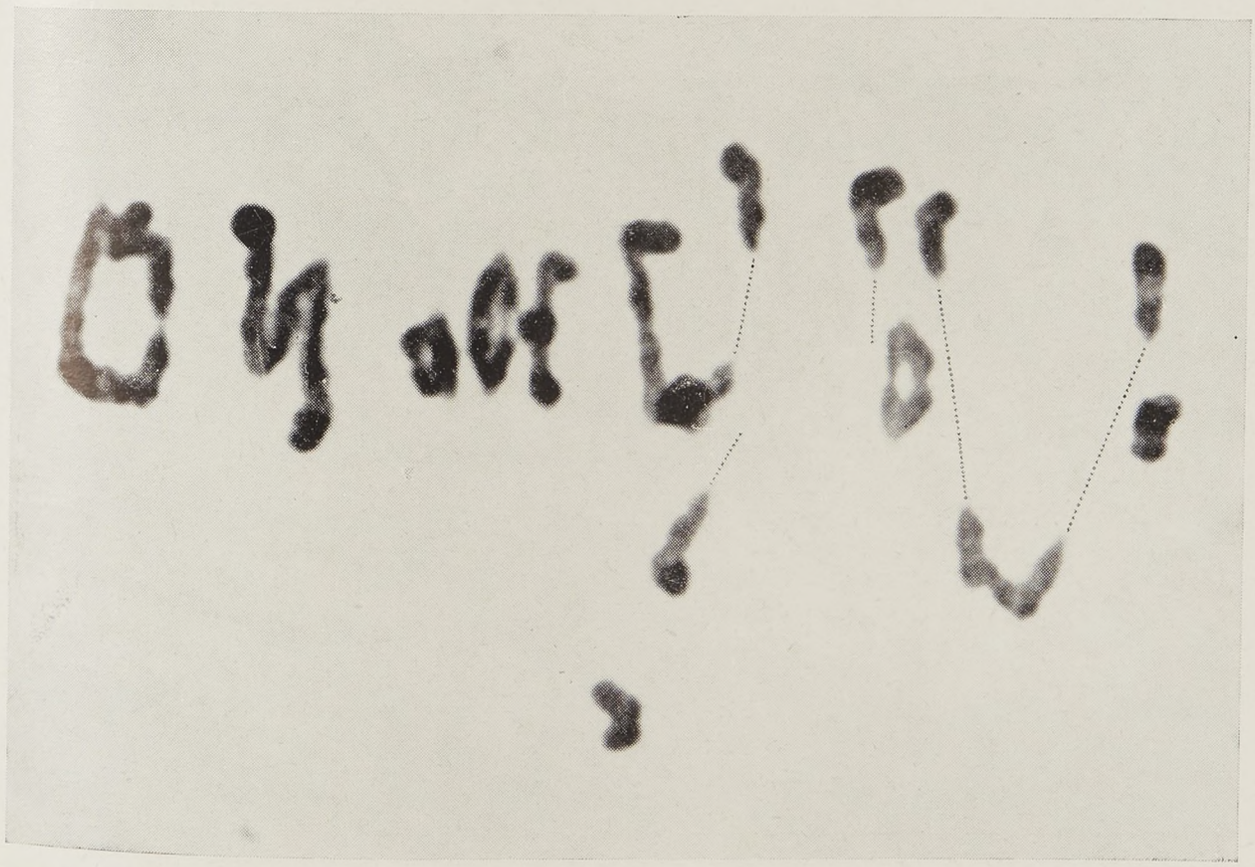


FIG. 5. — Fin de métaphase I et début d'anaphase I de méiose chez l'amphiploïde *Lolium perenne* L. × *Festuca pratensis* Huds. ($4x = 28$). A droite un tétravalent en disjonction et un univalent. Un chromosome disjoint de son partenaire s'est trouvé déporté par l'écrasement de la cellule (Amplification 2.340 x).

FIG. 6. — Chromosomes somatiques de l'amphiploïde *Lolium perenne* L. × *Festuca pratensis* Huds. ($4x = 28$). Plaque obtenue par écrasement après traitement par un agent mitoclasique et coloration par l'orcéine acétique (Amplification 2.160 x).

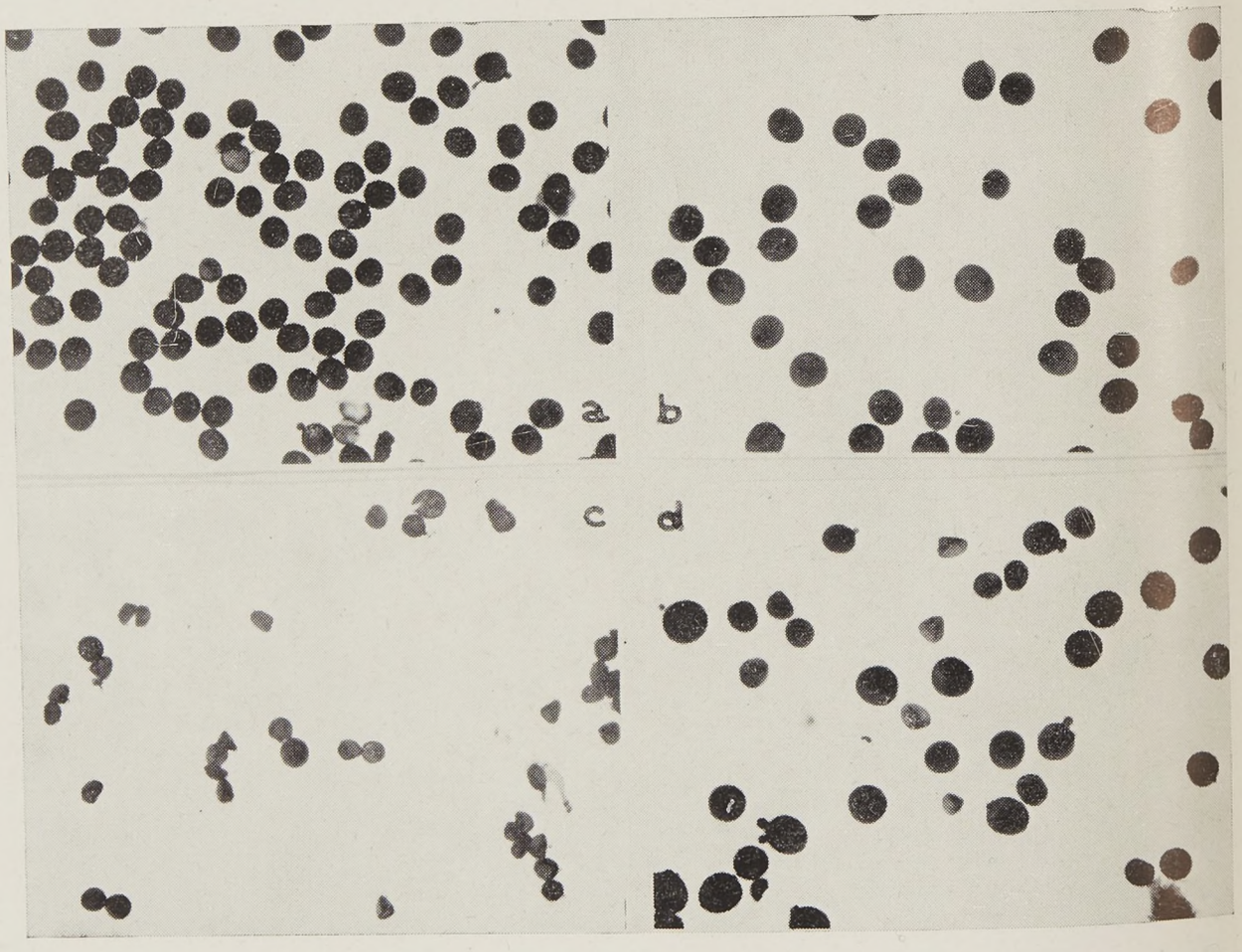


FIG. 7. — Grains de Pollen : (*a*) *Lolium perenne* 2n, (*b*) *Lolium perenne* 4n, (*c*) F_1 2n *Lolium perenne* × *Festuca pratensis*, (*d*) F_1 4n *Lolium perenne* × *Festuca pratensis*. (Amplification 85 x).

IV. — CONSÉQUENCES PRATIQUES ET CONCLUSIONS

Le doublement d'un stock chromosomique hybride ou non ne pose plus de problème depuis que l'on connaît les propriétés mitoclasiques de la colchicine. Pour le sélectionneur le problème est ailleurs : il consiste à savoir dans quels cas il peut ou il doit avoir recours à la polyploïdie et comment il doit opérer.

Or la multiplicité et la complexité des processus susceptibles d'intervenir lors de la création d'un polyploïde est telle que chaque cas particulier pose un problème particulier. La nature du matériel lui-même joue un rôle considérable : aptitude à la reproduction asexuée qui impose ou non la fixation génétique du type, nature de la production envisagée qui est ou non compatible avec un certain degré de stérilité, mode de reproduction qui conditionne les méthodes de travail tant pour la synthèse proprement dite que pour la multiplication de l'espèce remaniée. Et nous avons vu l'importance des phénomènes physiologiques, génétiques et cytologiques dont les modalités d'action sont toujours imprévisibles.

Les méthodes à employer ne peuvent donc se définir qu'*a posteriori*. Cependant nos connaissances des processus biologiques liés à la polyploïdie sont actuellement suffisamment solides pour permettre un contrôle constant des facteurs déterminants et, conséquemment, des méthodes utilisables en vue de l'objectif fixé.

Autoploïdes. — En comparant chez *Lolium perenne* le comportement des auto-4*n* vis-à-vis de la résistance aux rouilles, de la vigueur et de la résistance au froid, par rapport aux lignées 2*n* correspondantes, Wit a conclu en 1954 à l'influence du génotype de départ sur les résultats du doublement et la nécessité corrélative d'opérer une sélection dans les souches tétraploïdes obtenues si l'on veut en obtenir le rendement maximum. Il suggère ainsi la possibilité d'obtenir des souches 4*n* supérieures aux 2*n* correspondantes. Cependant nous pensons qu'un tel travail ne se justifie pleinement qu'après l'obtention de lignées diploïdes hautement améliorées, notamment en ce qui concerne la résistance aux maladies et aux accidents climatiques.

Il convient aussi, en matière d'autotétraploïdie, de citer le travail de Muntzing(1951) sur *Secale*. Après l'analyse comparative détaillée des facteurs de la fertilité et du rendement des 2*n* et 4*n* il conclut à la nécessité de préférer le seigle 4*n* en raison de sa bonne valeur boulangère (contenu en protéines supérieur et volume de pain obtenu d'environ 10% supérieur à celui des 2*n*). Il semble intéressant, après les affirmations de Wit, d'appuyer sur l'identité absolue, constatée par Muntzing, du comportement des 4*n* vis-à-vis des 2*n* correspondants en ce qui concerne la résistance au froid, la précocité et le rendement d'après des essais compa-

ratifs effectués sur 7 variétés pendant 8 années et dans 6 localités suédoises différentes. Les seules différences constatées ne correspondant, sauf l'exception signalée de la valeur boulangère, qu'aux traits caractéristiques des autotétraploïdes c'est-à-dire irrégularités méiotiques donnant un grainage plus faible (62% de grains formés contre 80% chez les $2n$) et augmentation des dimensions cellulaires (15%) corrélatives de la hauteur des plantes (+15%) du poids des grains (+50%) et de la grosseur des grains. Signalons aussi une réduction du tallage de l'ordre de 12%.

Selon plusieurs auteurs le doublement chromosomique des *Trifolium* $2x$ entraînerait une augmentation sensible des rendements et plusieurs variétés $4n$ seraient déjà commercialisées en Suède, en Norvège et au Danemark. Il est intéressant de remarquer que les meilleures variétés $2n$ ne donnent pas nécessairement les meilleurs résultats au niveau $4n$. Outre l'obtention par KIHARA (1952) de Pastèques $3n$ dont les fruits sont plus gros que les $2n$ et sont sans graines, le Melon $4n$ serait toujours une amélioration gustative sur le $2n$ initial (BATRA, 1952). Sur 6 variétés testées une seule, GOLDEN GOPHER, présente un rendement accru, et dans tous les cas, les fruits obtenus sont plus petits.

Chez la Betterave à sucre la triploïdie entraîne un accroissement de la taille des racines sans que cet accroissement s'accompagne d'une réduction de la teneur en sucre, comme on le constate à partir d'un certain seuil chez les Betteraves $2n$. En ce qui concerne, chez cette espèce, la production des graines $3n$, il faut noter que, dans le cas d'un semis alterné $2n$-$4n$, le pourcentage obtenu serait de 70 sur les plants $4n$ contre 30 sur les plants $2n$ (cité par EIGSTI et DUSTIN, 1955).

Nous n'insisterons pas sur les processus pratiques d'obtention des polyploïdes : nous signalerons seulement que le tri peut être avantageusement effectué sur des caractères corrélatifs de la ploïdie. MOCHIZUKI et SUEOKA (1955), ont montré que le tri des Betteraves di-, tri- et tétraploïdes pouvait être réalisé avec une certitude quasi totale sur la base simple du nombre de chloroplastes présents dans les cellules de garde des stomates de feuilles (11,5 à 17,5 -17 à 24-22 à 27,5 chez les $2n$,$3n$ et $4n$ respectivement, les limites de chaque classe pouvant être notablement resserrées à la condition de faire les prélèvements sur des plantes sensiblement au même stade de développement). FUNKE (1956) indique un procédé simple permettant de dénombrer aisément le nombre de pores germinatifs du pollen, ce nombre présentant une valeur constante de 3 chez certaines espèces diploïdes et variant de 3 à 6 dans les $4n$ correspondants (*Trifolium*, *Lycopersicum esculentum*. Sans valeur pour les graminées).

Amphiploïdes. — Les difficultés commencent réellement à partir du niveau de l'hybridation interécospécifique dont la nécessité apparaît lorsque le caractère d'amélioration recherché n'existe pas à l'intérieur de l'espèce considérée et doit être recherché hors de l'écospecies.

Deux possibilités s'offrent alors :

1° Introgression.

2° Amphiploïdie.

L'introgression doit être tentée chaque fois qu'elle est possible parce qu'elle permet de conserver intactes les qualités qui donnent à l'espèce principale son caractère économique et qu'elle permet par la suite l'utilisation simple et directe de la variation qu'elle renferme pour un nouveau processus d'amélioration. L'amphiploïdie, en effet, lorsqu'elle est réalisable et stabilisable, crée une nouvelle espèce distincte de celles qui lui ont donné naissance et son amélioration subséquente se trouve limitée à sa propre variabilité, nécessairement plus restreinte que celle des espèces naturelles qui ont derrière elles un long passé évolutif et qui occupent une aire d'extension importante. Les radiations et les substances mutagènes offrent cependant à cet égard des possibilités non négligeables. De plus, l'amphiploïde, en associant les caractères de ses parents peut présenter certains traits économiquement défavorables dont l'élimination est impossible. Toutefois l'amphiploïdie peut se révéler utile lorsque les espèces cultivées sont elles-mêmes des amphiploïdes et que le caractère d'amélioration recherché existe chez les espèces parentes. Ce peut être le cas dans le comparium *Brassica*, chez *Phleum pratense*, dans le comparium *Triticum* etc. Une fois la nouvelle synthèse réalisée, rien ne s'oppose plus théoriquement à la mise en œuvre des processus habituels de sélection intra-spécifique.

Dans ce domaine les résultats définitifs, c'est-à-dire les travaux ayant abouti à l'obtention de nouvelles variétés commercialisables, sont rares, en raison principalement d'une orientation purement spéculative de ce type de recherches.

Dans le genre *Triticum* on peut citer deux variétés de blé tendre $6x$ dont le caractère de résistance à la Rouille Noire (*Puccinia Triticina*) a été obtenu dans le groupe $4x$: « Thatcher » qui associe les caractères de résistance de *T. vulgare* « Kanred » et de *T. durum* « Iumillo « ; « Hope « issue d'un *T. dicoccum* (cité par Hayes et Immer, 1942). Le processus d'obtention est, dans ces cas, très simple étant donné l'existence chez *T. vulgare*, de deux génomes homologues de ceux des blés durs : hybridation suivie de recroisements successifs par le parent *vulgare*, accompagnés d'une sélection portant sur le caractère de résistance à la Rouille Noire. Comme dans l'exemple suivant, il s'agit d'une introgression. Chez *Nicotiana Tabacum* ($2n=48$) Holmes (1938) a pu créer une variété immune à la Mosaïque du Tabac : hypersensibilité se traduisant par la formation de nécroses aux points d'inoculation évitant ainsi une infection systémique de la plante. Ce caractère a été obtenu chez *N. glutinosa* $2n=24$ par recroisements successifs de l'allopolyploïde *N. digluta* $2n=72$ de Clausen R. et Goodspeed par la variété de tabac « Samsoun » grâce à une

homologie partielle du chromosome de *N. glutinosa* porteur du facteur N en cause avec un des chromosomes du stock de *N. Tabacum* (VALLEAU, 1952).

L'amphiploïdie a pu être utilisée directement par PEARSON (1951) : l'hybride *Cucurbita maxima* × *C. moschata*, doublé, associe les qualités des parents, c'est-à-dire résistance à *Melittia satyriniformis* de *C. moschata* et caractéristiques des fruits de *C. maxima*, sans apparition de caractères défavorables. La stabilité de cette nouvelle espèce économique serait satisfaisante.

La polyploïdie n'est pas une panacée : on est revenu de l'excès d'enthousiasme manifesté lorsque l'on a su employer la colchicine, mais en revanche ses modalités d'application et les résultats que l'on peut en attendre se sont éclaircis. Il est indispensable de se pénétrer de l'idée que l'utilisation de la polyploïdie ne donne qu'exceptionnellement des résultats immédiatement utilisables : ces exceptions se rencontrent notamment dans les domaines de l'horticulture ou de l'arboriculture fruitière et ornementale en raison de facilités de multiplication végétative et de la nature des organes à améliorer : fleurs plus grandes, fruits plus gros ou sans graines. Mais en règle générale, tout recours à la polyploïdie suppose un travail long et minutieux où la cytologie a nécessairement sa place, une place non exclusive cependant et, si les résultats sont souvent aléatoires ils peuvent en revanche être d'un intérêt considérable. C'est probablement faute d'avoir soupçonné ces exigences que l'utilisation de la polyploïdie n'a pas toujours donné de résultats pratiques. Et c'est aux travaux purement spéculatifs de tous les chercheurs qui se sont intéressés au problème de l'Évolution, et tout particulièrement de la polyploïdie en soi et dans l'Évolution, que les sélectionneurs doivent d'être maintenant à même de dominer ce sujet suffisamment pour avoir la possibilité d'en faire un instrument de premier ordre dans la création de nouveaux types végétaux économiquement rentables.

SUMMARY

Polyploidy, its evolutionary aspects, its relation with plant breeding.

Polyploidy seems to have played a very important part in plant evolution, and, as such, gives some hopes for the plant breeding studies. Its use is necessarily connected with a thorough knowledge of its mecanisms and this publication tries to precise its essential features, according to our present state of learning.

The study of the modalities of polyploidy leads to split it into three well-defined types, after the biosystematic classification of CLAUSEN, KECK and HIESEY : **autoploids**, **interecospecific amphiploids** and **intercenospecific amphiploids**, characterized, from the cytogenetical point of view, by a decreasing degree of homology of the genomes gathered together in the gametic stock of polyploid individuals.

Each of these subdivisions involves particular evolutive processes which, in the context of a determined vegetable material, allow the satisfactory prevision of the possibilities of a new economical improvement and the suitable working methods, when the classical processes, purely based on mendelian laws, prove to be inefficient.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Polyploidie und ihre Bedeutung für die Evolution, in Beziehung mit Pflanzenzüchtung.

Die Polyploidie scheint eine grosse Rolle für die Evolution der Pflanzen spielen ; daraus kann man hoffen dass sie, in einer Züchtungsarbeit wichtig sein könne. Die Erzeugung polyploider Pflanzen wurde nur eine grosse Interesse erregen ob die grundlegenden Änderungen bekannt werden die die Polyploidie bringt mit.

Polyploide Arten können unter drei biosystematischen Typen klassifiziert werden die von Clausen, Keck und Hiesey bestimmt wurden : **Autoploiden**, **interoekospezifische Amphiploiden**, **intercenospezifische Amphiploiden.** Diese drei Typen unterscheiden von einander durch eine absteigende Homologie ihrer in den Gameten nebeneinandersitzende Genomen.

Unter jedem Polyploidentypen folgt die Evolution charakteristische Prozesse, die, wenn sie bekannt werden, für ein bestimmtes Material, neue Züchtungsmethoden und den Umfang einer Züchtungsarbeit vorher zu sehen erlauben.

РЕЗЮМЕ

Полиплоидия и ея эволютивные виды в связи с мелиорацией растений.

С. ЭССАД.

Полиплоидия играла, повидимому, очень важную роль в эволюции растений и, следовательно, позволяет некоторые надежды в работе по улучшению культивируемых видов. Ея использование, неизбежно связанно с глубоким знанием, определяемых ею, механизмов и настоящая публикация, пробует уточнить главные черты наших актуальных знаний.

Изучение путей, следуемых полиплоидией, ведет к ея подразделению на три типа, ясно определенных биосистематической классификацией « Clausen », « Keck » и « Kiesey » : автоплоидные, меж-эко-специфические амфиплоиды и амфиплоиды меж-цено-специфические характеризуемые, с точки зрения цитогенетической, прогрессивным уменьшением степени гомологии сопоставляемых геномов в гаметном запасе полиплоидных индивидуумов.

Каждая и этих подразделений следует особым эволютивным процессам, которые, в наборе определеннаго растительнаго материала, позволяют предвидеть, с достаточной точностью, возможности новой экономической мелиорации, а так-же и подходящие методы работы-если, классические, чисто мендельные, способы являются недействительными.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BATRA (S.). — Induced tetraploidy in muskmelons. *J. Hered.*, **43**, 141-148, 1941.

BREMER (G.) and BREMER-REINDERS (D. E.). — Breeding of 4n rye in the Netherlands. I. Methods and cytological investigations. *Euphytica*, **3**, 49-63, 1954.

CAUDERON (Y. et A.). — Étude de l'hybride F1 entre *Hordeum bulbosum* L. et *H. secalinum* Schreb. *Ann. Amel. Plantes*, **6**, 3, 307-318, 1956.

CLAUSEN (J.), KECK (D. D.) and HIESEY (W. M.). — Experimental studies on the nature of species. II. Plant evolution through amphiploidy and autoploidy, with examples from the *Madiineae*. *Carnegie Inst. Washington*, Publ. 564, 174 pp., 1945.

CLAUSEN (R.). — Mosaic resistance transfered from wild tobacco to cultivated varieties through science of genetics. *Calif. Agric.*, **3**, 7, 7-16, 1949.

CUENOT (L.). — *L'espèce*. Paris (Doin Ed.), 310 pp., 1936.

DANGEARD (P.). — *Cytologie végétale et cytologie générale*. Paris (Lechevalier Ed.), 611 pp., 1947.

DARLINGTON (C. D.). — *Recent advances in cytology*. London (Churchill Ed.), 2e ed., 671 pp., 1937.

DARLINGTON (C. D.). — *Chromosome botany*. London (Allen and Unwin Ed.), 186 pp., 1956.

DARLINGTON (C. D.) and MOFFETT (A. A.). — Primary and secondary chromosome balance in *Pyrus*. *J. Genetics*, **22**, 129-151, 1930.

DARLINGTON (C. D.) and WYLIE (A. P.). — *Chromosome Atlas of flowering plants*. London (Allen and Unwin Ed.), 519 pp., 1956.

DAVIS (B. M.). — The genetics and cytology of a tretraploid from *Oenothera franciscana* Bartlett. *Genetics*, **18**, 293-318, 1933.

EIGSTI (O. J.) and DUSTIN (P. Jr.). — *Colchicine in Agriculture, Medicine, Biology and Chemistry*, Iowa State College Press, Ames, Iowa, U S A, 470 pp., 1955.

ESSAD (S.). — Station Centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes. Rapport d'activités pour l'année 1954, 66-67, 1954.

ESSAD (S.). — Analyse cytogénétique de deux amphidiploïdes *Lolium perenne* L. × *Festuca pratensis* Huds. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **243**, 670-672, 1956.

FAGERLIND (F.). — Embryologische, zytologische und bestäubungsexperimentelle Studien in der Familie Rubiaceae nebst Bemerkungen über einige Polyploiditätsprobleme. *Acta Horti Bergiani*, **11**, 195-470, 1937.

FRANDSEN (H. N.) and WINGE (O.). — *Brassica Napocampestris*, a new constant amphidiploid species hybrid. *Hereditas*, **16**, 212-218, 1932.

FUNKE (C.). — Vergleichende morphologische und physiologische Untersuchungen am Pollen diploider und autotetraploider Kulturpflanzen. *Z. Pflanzenzücht*, **36**, 2, 165-196, 1956.

FUNKE (C.). — Eine Schnellmethode zur Selektion polyploider Pflanzen. *Naturwissenschaften*, **43**, p. 66, 1956.

GERSTEL (D.). — Transfer of the mosaic resistance factor between H chromosomes of *Nicotiana glutinosa* and *N. tabacum*. *J. Agric. Res.*, **76**, 219-223, 1948.

GREGOR (J. W.). — Experimental delimitation of species. *New-Phytol.*, **30**, 204-217, 1931.

GREGOR (J. W.) and SANSOME (F. W.). — Experiments on the genetics of wild populations. II. *Phleum pratense* L. and the hybrid *P. pratense* L. × *P. alpinum* L. *J. Genetics*, **22**, 373-387, 1930.

HAYES (H. K.) and IMMER (F. R.). — *Methods of Plant breeding*. New-York (Mc Graw-Hill Book Cy), 432 pp., 1942.

HOWARD (H. W.). — The effect of polyploidy and hybridity on seed size in crosses

between *Brassica chinensis*, *B. carinata*, amphidiploid *B. chinensis-carinata* and autotetraploid *B. chinensis*. *J. Genetics*, **43**, 105-119, 1942.

Ishikawa (M.). — Cytologische Studien von Dahlien. *Bot. Magaz. Tokyo*, **25**, 1-8, 1911.

Julèn (G.). — Clover and timothy breeding ; breeding of red and Alsike clover. *Hereditas* Suppl. 44-45, 1949.

Karpechenko (G. D.). — Polyploid hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. *Bull. appl. Bot. Genet. and Plant Breed.*, **17**, 305-410, 1927.

Karpechenko (G. D.). — Polyploid hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. *Z. für. ind. Abst. u. Vererb.*, **48**, 1-85, 1928.

Kihara (H.). — Triploid watermelons. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **58**, 217-230, 1952.

Levan (A.). — Plant breeding by the induction of polyploidy and some results in clover. *Hereditas*, **28**, 245-246, 1942.

Lindstrom (E. W.) and Koos (K.). — Cytogenetic investigations of a haploid tomato and its diploid and tetraploid progeny. *Amer. J. Bot.*, **18**, 398-410, 1931.

Ljungdahl (H.). — Ueber die Herkunft der in der Meiosis konjugierenden Chromosomen bei Papaver-Hybriden. *Svensk. Bot. Tid.*, **18**, 279-291, 1924.

Margara (J.) et Ometz (S.). — Les hybridations interspécifiques chez la Betterave. Etude cytologique et morphologique d'un hybride entre betterave sucrière et *Beta Lomatogona* F. et M. *Ann. Amel. Plantes*, **5**, 3, 445-462, 1955.

Morinaga (T.). — Interspecific hybridization in *Brassica*. VI. The cytology of F_1 hybrids of *B. juncea* and *B. nigra*. *Cytologia*, **6**, 62-67, 1934.

Mochizuki (A.) and Sueoka (N.). — Genetic studies on the number of plastids in stomata. I. Effects of autopolyploidy in sugar beets. *Cytologia*, **20**, 358-366, 1955.

Morrison (J. W.). — Chromosome behaviour and fertility of Tetra Petkus rye. *Canad. J. Agric. Sci.*, **36**, 157-165, 1956.

Muntzing (A.). — Cytogenetic investigations on synthetic *Galeopsis Tetrahit*. *Hereditas*, **16**, 105-154, 1932.

Muntzing (A.). — Quadrivalent formation and aneuploidy in *Dactylis glomerata*. *Bot. Not.*, 198-205, 1933.

Muntzing (A.). — The evolutionary significance of autopolyploidy. *Hereditas*, **21**, 263-378, 1936.

Muntzing (A.). — The effects of chromosomal variation in *Dactylis*. *Hereditas*, **23**, 113-235, 1937.

Muntzing (A.). — Cytogenetic properties and practical value of 4n rye. *Hereditas*, **37**, 17-84, 1951.

Myers (W. M.). — Meiosis in autotetraploid *Lolium perenne* in relation to chromosomal behaviour in autopolyploids. *Bot. Gaz.*, **106**, 304-316, 1945.

Myers (W. M.). — Cytology and genetics of forage grasses. *Bot. Rev.*, **13**, 319-421, 1947.

Myers (W. M.). — Studies on the origin of *Dactylis glomerata*. *Genetics*, **33**, p. 117, 1948.

Myers (W. M.) and Hill (H. D.). — Variations in chromosomal association and behaviour during meiosis among plants from open-pollinated populations of *Dactylis glomerata*. *Bot. Gaz.*, **104**, 171-177, 1942.

Newton (W. C. F.) and Pellew (C.). — *Primula kewensis* and its derivatives. *J. Genetics*, **20**, 405-467, 1929.

Nordenskiold (H.). — Intra- and interspecific hybrids of *Phleum pratense* and *P. alpinum*. *Hereditas*, **23**, 304-316, 1937.

Pearson (O.), Hopp (R.) and Bohn (G. W.) — Notes on species crosses in *Cucurbita*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **57**, 310-322, 1951.

RANDOLPH (L. F.). — An evaluation of induced polyploidy as a method of breeding crop plants. *Amer. Nat.*, **75**, 347-363, 1941.

SAKISAKA (M.). — Critical considerations of chromosome numbers in relation to plant habit. *Proc. 7th Int. Bot. Congress*, 286-287, 1950.

SAX (K.). — The origin and relationships of the *Pomoideae J. Arnold Arboretum*, **12**, 3-22, 1931.

SAX (K.). — Chromosome relationships in the *Pomoideae. J. Arnold. Arboretum*, **13**, 363-367, 1932.

SHCHAVINSKAYA (S. A.). — (Elimination des chromosomes de radis et conditions nécessaires pour leur activité dans les croisements du chou et de ses formes polyploïdes avec le radis et les hybrides radis-chou). *Bull. appl. Bot.* Leningrad, Série II, **7**, 79-91, 1937.

STEBBINS (G. L.). — Types of polyploids : their classification and significance. *Advances in Genetics*, **1**, 403-429, 1947.

STEBBINS (G. L.). — *Variation and evolution in plants*. New-York (Columbia Univ. Press), 643 pp., 1950.

TURESSON (G.). — The species and the variety as ecological units. *Hereditas*, **3**, 100-113, 1922.

TURESSON (G.). — The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas*, **3**, 211-350, 1922 *b*.

TURESSON (G.). — Zur Natur und Begrenzung der Arteinheiten. *Hereditas*, **12**, 323-334, 1929.

VALLEAU (W.). — Breeding tobacco for disease resistance. *Econ. Bot.*, **6**, 69-102, 1952.

WADDINGTON (C. H.). — *An introduction to modern genetics*. London (Allen and Unwin Ed.), 441 pp., 1939.

DOCUMENTATION

GÉNÉRALITÉS

1. Cytologie.

BRITTON (D. M.) and HULL (J. W.). — **Mitotic instability in** *Rubus*. (Instabilité mitotique chez *Rubus*.) *J. Heredity*, **48**, 11-20, 1957.

Les auteurs ont observé dans la descendance de certains *Rubus fruticosus* (blackberry) l'existence de plantes présentant des variations chromosomiques somatiques ayant pour limite supérieure le nombre normal de la plante considérée. Ces réductions chromosomiques résultent de mitoses se produisant au hasard à l'intérieur des tissus de la plante et différant des processus normaux par la répartition des chromosomes de la cellule aberrante en deux (rarement trois) groupes qui réalisent simultanément les stades mitotiques dans deux champs fusoriaux distincts. Une telle division donne naissance à trois cellules filles dont deux à nombre chromosomique réduit et une à deux noyaux. Le processus originel du dédoublement du stock chromosomique initial n'est pas clairement envisagé.

Les boutures issues de bourgeons foliaires reproduisent le phénotype de la plante-mère et ses caractères de mitoses instables, tandis que les boutures issues des organes souterrains présentent une disjonction morphologique et chromosomique et les mitoses y sont stables. La tentative d'explication de ce phénomène que présentent les auteurs n'est pas entièrement satisfaisante : elle justifie éventuellement la disjonction et la non-disjonction par l'histogénèse des racines d'une part, et des bourgeons feuillés d'autre part en se basant sur les probabilités d'apparition d'une « split metaphase » dans la (ou les suivant le cas) cellule initiale de la bouture, mais ne justifie pas la stabilité des plantes issues de boutures de racines. Il pourrait cependant exister quelque lien avec le nombre de chromosomes dans une même variété (*Eldorado*), l'instabilité mitotique augmentant avec le degré de ploïdie. Revue de cas analogues signalés dans la littérature.

S. E.

DOWRICK (G. J.). — **The influence of temperature on meiosis.** (L'influence de la température sur la méiose.) *Heredity*, **11**, 37-50, 1957.

Cette étude, effectuée sur *Tradescantia bracteata* et *Uvularia perfoliata*, montre que les températures élevées affectent :

1° le nombre et la position des chiasmas : accroissement parallèle de la fréquence de chiasmas interstitiels et de la température jusqu'à un optimum au-delà duquel l'asynapsis se manifeste et devient totale vers 40°C, température mortelle pour ces espèces ;

2° l'enroulement des chromosomes : relâchement progressif de la spirale majeure qui finalement disparaît, laissant apparaître des constrictions correspondant probablement à des segments hétérochromatiques.

Les fréquences de chiasmas sont maximum à 15-20°C pour *Uvularia* et 20-30°C pour *Tradescantia*. Il convient de noter que les températures testées sont appliquées au matériel entre 2 et 8 jours avant les prélèvements.

S. E.

JAIN (H. K.). — **Effect of high temperature on meiosis in *Lolium* : nucleolar inactivation.** (Effet d'une température élevée sur la méiose de *Lolium* : inactivation nucléolaire.) *Heredity*, **11**, 23-36, 1957.

Les plantes en pots sont soumises à une température uniforme de 35 ± 2°C pendant 14, 38 et 58 heures avant la fixation. Le matériel nucléolaire se trouve dispersé entre 1 et 7 trivalents. Les bivalents non nucléolaires ont un cycle d'autant plus retardé par rapport aux autres qu'ils sont moins nombreux, mais leur comportement métaphasique est normal tandis que les bivalents nucléolaires « congressent » mal, ne présentant pas de coorientation des centromères, ceux-ci étant simplement auto-orientés, comme dans le cas d'une mitose.

S. E.

2. Génétique.

DICKINSON (A. G.) and JINKS (J. L.). — **A generalised analysis of diallel crosses.** (Une analyse généralisée des croisements diallèles.) *Genetics*, **XLI**, 65-78, 1956.

Les auteurs décrivent une méthode pour analyser les données quantitatives d'un croisement diallèle. Cette méthode est valable, que les parents soient homozygotes ou non ; c'est une extension aux hybrides hétérozygotes de celle qui a été développée par JINKS (1954) et HAYMAN (1954) pour un matériel homozygote. Les auteurs utilisent les mêmes composantes de la variation que MATHER (1949).

L'analyse prévoit des estimations du degré maximum de dominance, du coefficient de consanguinité ou ce qui revient au même du degré d'hétérozygotie des loci, qui manifestent le phénomène de dominance, et de la fréquence des allèles à chaque locus. On peut aussi déterminer si les gènes dominants ou récessifs sont en excès. L'effet de l'interaction entre gènes non allèles sur les statistiques est discuté, en même temps qu'est indiqué le moyen de détecter de telles interactions.

Les différences avec l'analyse effectuée sur les homozygotes sont notées au fur et à mesure ; et les auteurs ont mentionné quelques cas où l'hétérozygotie, l'interaction entre gènes non allélomorphes et le linkage sont confondus dans des statistiques particulières.

En conclusion, les auteurs envisagent quelques applications théoriques et pratiques de la méthode.

Ph. AU.

HAYES (H. K.), IMMER (F. R.) and SMITH (D. C.). — **Methods of plant breeding.** (Méthodes d'Amélioration des Plantes.) 2nd edition, Mc Graw-Hill Book Cy., 551 p., 1955.

Les principales révisions et additions qui font l'objet de cette deuxième édition portent principalement sur :

— les centres d'origine,
— la notion d'hétérosis,
— l'héritabilité,
— l'amélioration du Coton et du Sorgho,
— l'amélioration des Plantes Fourragères, ce dernier chapitre ayant été refondu et mis à jour.

Parmi les récentes applications de la cytogénétique à l'amélioration des Plantes, figure notamment l'usage des monosomiques.

Les monosomiques ($2n$—1) et nullisomiques ($2n$—2) sont viables chez quelques espèces allopolyploïdes, notamment le Blé et le Tabac ; cela a respectivement été montré en premier par Sears (1944) et par Clausen et Cameron (1944), qui ont obtenu pour ces deux espèces la série complète des déficients relatifs à chaque chromosome pris tour à tour.

Autofécondés, les nullisomiques de blé donnent uniquement des nullisomiques, et les monosomiques donnent 24 p. 100 de plantes normales, 73 p. 100 de monosomiques et 3 p. 100 de nullisomiques en moyenne, par différence de viabilité gamétique.

En croisement avec des plantes normales, les nullisomiques donnent 100 p. 100 de nullisomiques, et les monosomiques, 75 p. 100 de monosomiques et 25 p. 100 de plantes normales.

Ces considérations permettent, par des croisements appropriés d'étudier la localisation des loci sur tel ou tel chromosome, et le mode d'action sur le phénotype des gènes intéressés. Plusieurs auteurs ont déjà publié les résultats de telles recherches (types d'épis, résistance aux rouilles, etc...).

Monosomiques et nullisomiques peuvent encore être utilisés pour transférer un chromosome entier d'une variété à une autre par des backcross répétés (J. Unrau). On aperçoit les applications de ces méthodes, notamment :
— dans l'étude des linkages,
— l'analyse des caractères héréditaires quantitatifs,
— l'analyse génomique, dans des croisements avec des espèces diploïdes ou tétraploïdes apparentées au blé cultivé.

R. Ec.

Mochizuki (A.) and Sueoka (N.). — **Genetic studies on the number of plastids in stomata. I. Effects of autopolyploidy in sugar beets.** (Études génétiques sur le nombre de plastes dans les stomates. I. Effets de l'autopolyploïdie chez la betterave sucrière.) *Cytologia*, **20**, 4, 358-366, 1955.

Le nombre de chloroplastes contenus dans les cellules stomatiques des feuilles de betterave est plus élevé chez les lignées polyploïdes que chez les diploïdes. Dans une expérience il était en moyenne de l'ordre de 14 chez les $2n$, 20 chez les $3n$, 25 chez les $4n$.

Le nombre de chloroplastes ne varie pas significativement en fonction de la position des stomates sur la feuille. Il augmente avec la dimension des stomates et par suite avec la dimension des feuilles dans une même plante, les feuilles âgées ayant généralement de plus grands stomates que les feuilles jeunes. Il varie également avec le stade atteint par la plante (stade cotylédonnaire, jeune plantule, plante en plein développement, plante ayant formé une tige florifère).

Mais ces variations plus ou moins fortes affectent également les plantes diploïdes, triploïdes ou tétraploïdes, la séparation entre les trois groupes demeu-

rant nette. Par contre, la dimension des chloroplastes semble plus affectée par le nombre de chromosomes.

La technique utilisée est le montage de fragments d'épiderme dans une solution aqueuse de nitrate d'argent à 1 p. 100.

J. Mar.

3. Physiologie.

Ar-Rushdi (A. H.). — **The use of radioactive phosphorus in determining pollen-tube penetration in tobacco.** (L'emploi du phosphore radioactif en vue de préciser la pénétration du tube pollinique chez le tabac.) *J. Genetics*, **LIV**, 1, 23-26, 1956.

Des études sur le mécanisme de la stérilité chez des amphidiploïdes du genre *Nicotiana* ont conduit l'auteur à mettre au point cette méthode peu coûteuse, plus rapide et sensiblement aussi exacte que la dissection des styles et l'examen microscopique.

En vue d'obtenir le pollen radioactif dans les conditions optima, les plantes en boutons au stade interne de la prophase, sont transportées sur solution nutritive contenant du phosphore radioactif. Après pollinisation, les styles prélevés à des intervalles échelonnés sont radiographiés ; ainsi, l'emplacement de l'extrémité du tube pollinique est repéré. La pénétration complète de ce tube est indiquée par la radioactivité de l'ovaire à son point d'attache.

B. S.

Graham (B. F. Jr.). — **Labelling pollen of woody plants with radioactive isotopes.** (Marquage du pollen de plantes ligneuses à l'aide d'isotopes radioactifs). *Ecology*, **38**, 1, 156-158, 1957.

Le but de ce travail était l'étude de la corrélation entre la composition spécifique d'une forêt et son spectre de pollens. L'auteur a marqué quatre espèces d'arbres à l'aide de phosphore 32 en utilisant différentes techniques (inoculation dans le sol, injection sous l'écorce...).

La répartition de la radioactivité s'est montrée hétérogène et le pollen n'a présenté une activité que dans le cas de conifères.

Y. Dem.

4. Écologie.

Kemp (A.) and t'Hart (M. L.). — **Grass tetany in grazing milking cows.** (La tétanie d'herbage chez les vaches laitières à la pâture.) *Netherlands J. Agric. Sci.*, **5**, 1, 4-17, 1957.

Des études statistiques indiquent l'existence d'une relation entre la fréquence des cas de tétanie d'herbage, et la température moyenne journalière. Par ailleurs, deux types de fluctuations se superposent à cette relation générale : l'une saisonnière corrélative de la température moyenne annuelle, l'autre, journalière, liée aux intensités de variation de température.

Les « saisons » à tétanie sont le printemps et l'automne, si la température moyenne est inférieure à 14°. Les fluctuations journalières de fréquence des cas de tétanie sont étroitement liées aux variations de la température, lorsque celle-ci est inférieure à 14°C.

Ces phénomènes paraissent avoir pour cause physiologique la variation du rapport des teneurs en Potassium et en Chaux plus Magnésium de fourrage

ingéré. Des analyses de la composition minérale des herbes de pâture montrent en effet que l'absorption du Potassium s'accroît fortement lorsque la température moyenne augmente, au printemps, tout en demeurant inférieure à 14°C, alors que, dans les mêmes conditions, l'absorption de calcium et de magnésium n'est pas sensiblement modifiée.

Le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ tend toujours à être plus élevé aux époques à basses températures du printemps et de l'automne que pendant la période chaude d'été.

J. Re.

6. Statistique.

Kendall (M. G.) and Buckland (W. R.). — **A dictionary of statistical terms.** (Dictionnaire de termes statistiques). Londres, Oliver and Boyd, 493 p., 1957.

Comme l'indique le Prof. Darmois dans l'Avant-Propos, l'ouvrage répond au besoin urgent, reconnu par l'Institut international de Statistique, d'un dictionnaire statistique en plusieurs langues. Cependant, au lieu d'un recueil de termes et de définitions réellement normalisés (dont la rédaction aurait demandé beaucoup de temps), il s'agit ici d'« une liste de définitions provisoirement en une langue, l'anglais, accompagnée de la traduction des termes, mais sans leurs définitions dans les autres langues officielles de l'Institut international de Statistique : le français, l'allemand, l'espagnol et l'italien ». Ce travail a été réalisé sous la responsabilité du Prof. Kendall.

L'ouvrage comprend environ 1 500 définitions couvrant les différentes branches de la Statistique théorique ou appliquée. Des références ne sont indiquées (nom et date) qu'en fonction de leur intérêt historique.

Les glossaires sont disposés pour la traduction en anglais. En ce qui concerne la langue française, un certain nombre de termes sont des traductions littérales des expressions anglaises et ne paraissent pas être encore très couramment utilisés.

J. A.

8. Techniques culturales.

Cross (M. W.) and Glenday (A. C.). — **Reseeding pastures by oversowing and overdrilling.** (Resemis de pâtures à la volée et au semoir en lignes.). *N.Z. J. Sci. and Techn. A.*, **38**, 4, 416-430, 1956.

Dans des pâtures dégradées, situées sur sol assez riche, ne contenant plus que du trèfle blanc, des essais de resemis direct de ray-grass hybride ont été tentés, après divers types de préparation superficielle du sol, et en utilisant différents appareils pour la réalisation du semis.

L'installation du ray-grass est meilleure, quel que soit le type de préparation du sol, lorsqu'il est distribué à l'aide de semoir à socs, de préférence aux semoirs à disques, ou à la volée

Les meilleurs rendements, les mieux répartis tout au long de l'année suivant le resemis ont été obtenus après la préparation la plus poussée et la plus profonde du sol.

J. Re.

MITCHELL (K. J.). — **The influence of nitrogen and moisture supply on the growth of pastures during summer.** (Influence des apports d'azote et d'eau sur la pousse des pâtures pendant l'été.) *The Emp. J. of. Agric.*, **25**, n° 97, 69-78, 1957.

La stimulation de croissance notée pendant l'été à l'endroit des déjections animales liquides est due essentiellement à l'Azote contenue dans l'urine. Il semble que l'eau ou toute autre substance constituant l'urine n'ait que peu d'effet sur la croissance des végétaux.

Dans une pâture, les couches superficielles du sol contiennent la plus grande partie de l'Azote disponible pour l'alimentation des ray-grass et trèfle blanc composant le peuplement végétal.

Pendant une période sèche, ces couches superficielles sont les premières à être dépourvues d'eau. L'irrigation peut donc à cette époque provoquer une mise à la disposition des plantes, d'une plus grande quantité d'éléments nutritifs, et par conséquent accroître leur capacité de production. Des résultats expérimentaux appuient ces hypothèses.

J. RE.

NORMAN (J. T.) and GREEN (J. O.). — **The renovation of downland permanent pasture. I. Surface cultivation and seeding.** (Rénovation de prairie permanente en zone accidentée. I. Travaux superficiels et semis). *J. Brit. Grassl. Soc.* **XII**, 1, 30-38, 1957.

Un essai de rénovation de prairie permanente en zone accidentée a été suivi de 1951 à 1955. Les résultats de resemis consécutifs à des façons superficielles ou non, suivis ou non d'application d'une fumure azotée sont identiques à ceux qui ont été obtenus à Courcelles-Chaussy, entre 1949 et 1953.

Parmi toutes les espèces resemées, seules celles qui s'installent aisément se superposent à la flore partiellement détruite de l'ancienne prairie : c'est le cas, en particulier, du Ray-Grass anglais. Par contre, Dactyle, Fléole et même Fétuque des Prés ne s'établissent pas ou très mal.

L'accroissement moyen des rendements enregistrés pendant 2 ou 3 ans à la suite du resemis est de l'ordre de 11 p. 100, alors que des apports de fumure azotée permettent de le porter à 30 p. 100.

Resemis et apport de fumure nitrique augmentent également les teneurs en azote du fourrage et les proportions de la production totale annuelle récoltées au printemps et à l'automne.

J. RE.

CULTURES SPÉCIALES

1. Céréales.

COFFMAN (F. A.). — **Winter oats extended northward by breeding and testing.** (Extension de l'avoine d'hiver vers le Nord par amélioration génétique et tests de résistance). *Agron. J.*, **49**, 4, 187-189, 1957.

Dans le cadre d'un programme d'extension de la culture de l'avoine d'hiver vers le Nord, l'auteur expose le résultat des cinq dernières années de tests de résistance au froid effectués en diverses régions des Etats-Unis. Ceux-ci portent sur une soixantaine de lignées hybrides classées d'après l'origine génétique de leur résistance : *Appler, Fulghum, Lee, Culberson, Wintok.*

Un certain nombre de sélections posséderaient une résistance au froid égale ou supérieure à celle de *Wintok*, variété considérée comme la plus résistante des avoines cultivées aux Etats-Unis. Ce sont : *New-York Sel. C I 5364, Ballard C I 6905, Ballard C I 6980.*

La comparaison de la résistance des lignées à celle de leurs parents démontre souvent l'obtention de transgressions aussi bien dans des hybridations entre lignées hiver et printemps.

Des croisements pour associer la résistance au froid de ces hybrides à une bonne résistance aux maladies sont entrepris.

C. Mo.

Wiggans (S. C.) and Frey (K. J.). — **Tillering studies in Oats. II. Effect of photoperiod and date of planting.** (Etude du tallage chez l'avoine. II. Effet de la photopériode et de la date du semis). *Agron. J.*, **49**, 4, 215-217, 1957.

Huit variétés ont été semées pendant trois années à Ames (Iowa), à intervalle d'une semaine, de début avril à fin mai et à trois densités. Cinq d'entre elles ont été semées dans deux serres maintenues respectivement à 58°F (14°5C) et 70°F (21°C). Chaque groupe a subi en un essai « split-plot » six photopériodes différentes : 9 heures, 9 heures + 1 heure au milieu de la nuit, 12 heures, 15 heures, 18 heures et 24 heures. Les résultats obtenus ont été les suivants :

1° Le tallage-panicule de toutes les variétés a varié en fonction inverse de la densité du semis.

2° Aucune épiaison n'a été obtenue en photopériode de 9 heures aussi bien à 58°F qu'à 70°F. Il en a été de même en photopériode de 12 heures à 70°F. En photopériode de 15 heures et plus, toutes les variétés ont épié, quelle que soit la température. Par ailleurs, une heure de lumière, au milieu de la nuit a suffi à faire épier toutes les variétés en photopériode de 9 heures. Les auteurs rapprochent ces résultats de ceux de Hamner, qui a été conduit à la conclusion que le facteur prépondérant dans le photopériodisme ne serait pas la phase d'éclairement mais la phase obscure.

3° Le tallage-panicule passait par un maximum pour un semis de la première semaine de mai, puis diminuait ensuite. Les auteurs en concluent que le vieux principe d'une densité plus forte en semis tardif serait à abandonner.

4° Les plantes ayant végété à 58°F étaient de 4 à 9 jours plus tardives à l'épiaison que celles ayant végété, à photopériode égale, à 70°F.

C. Mo.

Lebsock (K. L.). and Smith (G. S.). — **The inheritance of head characters in tetraploïd wheat hybrids : II. Rachis bristles, awns, glume tenacity, clavate head and seed color.** (Hérédité des caractères de l'épi chez les hybrides de blés tétraploïdes : II. Pilosité du rachis, présence de barbes, ténacité de la glume, fome en massue et couleur du grain). *Agron. J.*, **49**, 4, 202-206, 1957.

L'auteur rappelle que si de nombreuses études ont été faites sur les blés hexaploïdes, il existe peu de données concernant les blés tétraploïdes dont cependant l'étude est plus simple et peut servir à augmenter nos connaissances même sur l'hérédité des blés tendres. Il analyse brièvement quelques publications parues sur ce sujet. Puis il passe à la description du matériel et des méthodes pour en arriver aux résultats obtenus.

L'hérédité de cinq caractères a été étudiée dans les populations F_2 et F_3

provenant d'un croisement entre deux variétés de blés durs *Ld 222* et *Mindum* × *Vernal*.

Pour faciliter l'étude des linkages, des cartes perforées ont été utilisées à raison d'une carte pour chaque plante F_2 et sa descendance F_3. Une transgression a été observée pour la ténacité de la glume avec tendance à la dominance du caractère faible ténacité. Une relation étroite entre les moyennes des plantes F_2 et des familles F_3, qui en descendent, indique que la sélection pour des degrés variés de cette caractéristique pourrait être effectuée dans les premières générations.

Les parents différaient par une seule paire de facteurs pour chacun des caractères suivants : présence-absence de barbes, rachis très ou peu velu, grain roux ou ambré.

Au moins trois et peut-être quatre paires de facteurs semblent régir le caractère « épi en massue » dans ce croisement. Des types d'épi à caractères plus accentués que chez l'un ou l'autre parent ont été obtenus. Pour tenir compte de cette caractéristique, l'interprétation proposée est la suivante : trois gènes déterminant le caractére « épi en massue » se combinent avec un inhibiteur. Un linkage a été mis en évidence entre les facteurs responsables de la présence des barbes et de la pilosité du rachis, le pourcentage de recombinaisons étant de 32,3 (calculé d'après la méthode du maximum de vraisemblance d'Immer).

La résistance moyenne des glumes des épis ordinaires était significativement supérieure à celle des épis en massue. Les épis à grains rouges avaient des glumes plus souples que ceux à grains ambrés. Aucune de ces liaisons ne semble si étroite que la sélection pour des combinaisons particulières puisse en être empêchée.

Ph. A.

Curtis (J. J.), Brunson (A. M.), Hubbard (J. E.) and Earle (F. R.). — **Effect of the pollen parent on oil content of the corn kernel.** (Effet de la pollinisation sur la teneur en matières grasses du grain de maïs). *Agron. J.*, **48**, 12, 551-555, 1956.

La teneur en matières grasses du grain de maïs est normalement de l'ordre de 5% : on peut sélectionner des maïs à forte teneur (11 à 12%) ou inversement à faible teneur (1 à 2%). Comme ces matières grasses sont essentiellement contenues dans l'embryon, cette teneur peut se trouver modifiée par des pollinisations croisées. C'est ce qui est nettement démontré dans cette étude.

En partant de quatre souches distinctes pour ce caractère — 2 hybrides simples et deux souches de l'Illinois à haute et basse teneur, les auteurs ont analysé les 16 combinaisons possibles pour le poids sec, la teneur en huile et la teneur en protéines des trois parties constituantes des grains : enveloppes, albumen et embryon.

Pour l'embryon, la teneur en matières grasses dépend à la fois de celle de la plante-mère et de celle du parent mâle : les croisements réciproques indiquent que l'effet maternel est nettement le plus fort. La constitution de l'albumen est également modifiée par fécondation croisée et cet effet est du même ordre que dans l'embryon en dépit de l'origine triploïde de l'albumen.

Les différences entre les poids secs et entre les teneurs en protéines des quatre souches ne sont pas suffisamment marquées pour tirer des conclusions, si ce n'est sur le poids de l'embryon qui dépend en partie du parent mâle, plus en tous cas que le poids de l'albumen.

Ces résultats montrent la nécessité de contrôler la pollinisation dans toute étude précise de la composition chimique du maïs.

X. L.

GROGAN (C. O.) and ZUBER (M. S.). — **A comparative study of top cross tester parents of Maize.** (Étude comparative de parents de croisements dans la sélection pour la valeur hybride du maïs). *Agron. J.* **49**, 2, 68-72, 1957.

La valeur hybride (combining ability) des lignées de Maïs en sélection se détermine en croisements avec des partenaires (testers) dont le choix est un problème délicat.

Les Auteurs ont étudié les croisements de trois séries de descendances avec 6 « testeurs » différents, quatre hybrides simples et leurs deux hybrides doubles. Les conclusions de ces essais sont les suivantes :

1° Les rendements varient avec les testeurs, d'une part entre les séries d'origine différente, d'autre part entre les descendances d'une même série.

2° Le calcul de la valeur hybride moyenne (general combining ability) d'un testeur par rapport à l'ensemble des autres indique que certains hybrides simples sont aussi valables comme testeurs que les hybrides doubles.

3° Les valeurs hybrides particulières (specific combining ability) ont une amplitude de variation très différente suivant le testeur.

4° Les six testeurs se sont montrés d'une efficacité à peu près égale pour la mesure de la résistance à la verse et de la hauteur d'insertion des épis des hybrides.

X. LAS.

JENKINS (M. T.), ROBERT (A. L.) and FINDLEY (W. R.). — **Genetic studies of resistance to *Helminthosporium turcicum* in maize by means of chromosomal translocations.** (Études génétiques de la résistance du Maïs à *Helminthosporium turcicum* au moyen de translocations chromosomiques.) *Agron. J.* **49**, 4, 197-201, 1957.

Les translocations chromosomiques permettent de localiser des gènes sur certains bras de chromosomes et d'étudier le nombre de facteurs en jeu, par exemple pour des caractères intéressant la sélection. Dans cette étude sont exposés les résultats obtenus sur le maïs pour les facteurs de résistance à *Helminthosporium turcicum* des deux lignées pures Mo 21 A et NC 34. Les translocations utilisées étaient au nombre de 48 et portaient sur les 10 paires de chromosomes.

Les deux lignées résistantes ont été croisées avec des souches possédant ces translocations et portant en plus des gènes marqueurs récessifs et les gènes de sensibilité des deux lignées sensibles R4 et A 188. Les F_1 sont semi-stériles. On les recroise par les lignées sensibles : la descendance comprend alors moitié de plantes semi-stériles portant la translocation, moitié de plantes normales. Ces deux groupes peuvent être séparés avant le semis si la lignée sensible servant au recroisement a été marquée par le même récessif que la translocation. S'il n'y a pas de facteur de résistance dans la partie de chromosome « transloquée », la note moyenne de résistance sera la même dans les deux groupes. S'il y en a, le groupe de plantes semi-stériles sera plus sensible que le groupe des plantes normales. Bien entendu, les plantes à noter sont infectées artificiellement.

Malgré les difficultés de cette méthode, les résultats sont assez précis ; huit facteurs de résistance ont été mis en évidence dans Mo 21 A et six dans NC 34, dont au moins 1 différent de ceux de Mo 21 A.

X. LAS.

LONNQUIST (J. M.) and MC GILL (D. P.). — **Performance of corn synthetics in advanced generations of synthesis and after two cycles of recurrent selection.** (Valeur de variétés synthétiques de maïs au cours de générations successives et après deux cycles de sélection récurrente). *Agron. J.* **48**, 6, 249-253, 1956,

Une variété synthétique est constituée du mélange d'un certain nombre de jeunes lignées d'une variété ordinaire à pollinisation libre, lignées sélectionnées pour leurs qualités propres ou mieux pour leur valeur hybride par rapport à un paternaire donné : on croise par exemple des lignées S_1 de la variété initiale avec ce partenaire, on essaie les hybrides ainsi obtenus et on reprend les restes des S_1 ayant donné les meilleurs hybrides. Ces restes sont multipliés en isolement et le produit de cette multiplication constitue la variété synthétique de premier cycle. C'est une forme de sélection récurrente. On peut ensuite, soit faire de la sélection massale dans cette synthétique pendant quelques années (advanced generations), soit refaire sur cette synthétique les mêmes opérations que sur la variété initiale pour obtenir une synthétique de deuxième cycle, soit combiner les deux systèmes.

LONNQUIST résume ici les résultats obtenus avec cette méthode de 1949 à 1955 dans le Nebraska. Avec le matériel dont il disposait, il constate qu'il a pu :

1° Maintenir et même légèrement améliorer la valeur des synthétiques par sélection massale.

2° Augmenter les rendements de 9 à 16% par un deuxième cycle de sélection récurrente. Les hybrides F_1 des synthétiques entre elles ont rendu, en moyenne, pour le premier cycle autant, pour le deuxième cycle plus que l'hybride double témoin U.S. 13.

X. L.

POLO POLI. —**Esperimento di coltura di riso con irrigazione à pioggia.** (Essai de culture de riz arrosée par pluie artificielle). *Il Riso*, n° 2, 12-14, 1957.

Partant du fait que de nombreuses contrées tropicales et équatoriales cultivent des rizières non submergées mais recevant seulement l'eau de pluies abondantes, l'A. a pensé pouvoir mettre en valeur par le riz d'ingrates terres de Sardaigne, dans des zones trop sèches pour permettre la submersion complète. Une parcelle d'essai portant 2 variétés, *Balilla* et *Rizzotto*, a été arrosée par canon à eau tous les 3-4 jours, ce qui représente un total de 900 mm en 36 arrosages pendant toute la végétation. La rizière a mûri sa récolte, de taille un peu plus courte que la normale, avec des rendements de 25-30 q/ha. Cette production est faible si on la compare à celle qu'aurait fournie une rizière submergée (60-70 q/ha), mais du point de vue exploitation du terrain l'opération se révèle rentable et mérite une poursuite des essais, en perfectionnant le rythme d'arrosage, le volume d'eau dépensé et en recherchant les variétés italiennes les mieux adaptées à ce régime.

R. MA.

PROVAGLIO (G.). — **Distruzione del giavone con la calciocianamide.** (Destruction du panic par la cyanamide calcique). *Il Riso*, **3**, 6-9, 1957.

L'A. rappelle et commente les quatre procédés classiques employés pour lutter contre l'infestation des rizières par les adventices du genre *Panicum* :

1° Arrachage à la main, 2° submersion du terrain avant semis de riz et

enfouissement des herbes levées, 3° après semis de riz, maintien d'une couche de 30 à 40 cm d'eau, 4° emploi des désherbants chimiques ou hormonaux.

Les résultats de 3 années d'essais systématiques mettent en évidence que le moyen le plus économique réside dans l'application de cyanamide calcique à raison de 200 à 600 kg/ha après mise à sec, sur les plantules de panics au stade 2 feuilles, dont la levée a été suscitée par la mise en eau du terrain, préparé et fumé, quinze jours avant semis. L'eau est renvoyée trois jours après l'opération ; on effectue alors un passage de planche à niveler (spianone), on sème le riz, et le niveau d'eau est maintenu à 20 cm au minimum.

Il est remarquable de constater par des expériences appropriées que cet engrais n'agit pas par sa causticité mais bien par des substances solubles qu'il renferme, et non précisées par l'A. Cette action herbicide s'étend aussi au potamogeton, au plantain d'eau, au scirpe mucroné, et aux algues. En outre, la cyanamide détruit les lombrics qui se révèlent très résistants aux poisons couramment utilisés contre la faune nuisible des rizières. L'épandage se fait mécaniquement, avec un tracteur équipé de roues discoïdes pour terre fangeuse.

R. Ma.

3. Plantes textiles.

Prokofiev (A. A.) i Sobolev (A. M.). — **Prievrachtchienia fosfornech soiediniénii v sozrievaiouchtchéch siémienach lna.** (Transformations subies par les composés phosphorés au cours de la maturation des graines de lin). *C. R. Acad. Sci. U. R. S. S.*, **109**, 4, 817-820, 1956.

Les résultats d'analyses à divers stades de maturation des graines de lin renforcent le point de vue que la phytine jouerait un rôle de substance de réserve. L'accroissement simultané, au cours de la maturation, des matières grasses et de la phytine suggère que celle-ci se forme par transport enzymatique sur l'inositol du phosphore des produits phosphorylés alors que les résidus hydrocarbonés de ces éthers se transforment en huile.

D'après l'analyse chromatographique des nucléotides, ils sont au moins cinq à intervenir dans la synthèse des matières grasses. La teneur en adenosine diphosphate est relativement faible.

La plupart des composés phosphorés organiques des graines de lin en cours de maturation, solubles en milieu acide, ne contiennent pas de glycéro- et d'hexosephosphate, mais des substances phosphorées non déterminées davantage spécialisées dans la formation des matières grasses.

F. Pl.

Rataj (K.). — **Use of 2-methyl, 4 chlorophenoxyacetic acid for destroying weeds in Fibre Flax.** (Emploi du M. C. P. A. pour le désherbage du Lin à fibre). *Pour la Science Agricole socialiste*, Tchécoslovaquie, série A, **4**, 339-384, 1956.

Des essais de désherbage de lin textile à l'aide de divers produits chimiques ont été entrepris depuis 1951. En 1955, l'emploi du M. C. P. A. a été essayé, dans les conditions de grande culture, dans 731 exploitations agricoles. La dose utilisée a été de 1 kg de sel de sodium du M. C. P. A. dans 1 000 litres d'eau par hectare. Des dégâts n'ont été observés que dans cinq exploitations seulement. En moyenne, la comparaison avec les parcelles non traitées indique une augmentation de poids de paille de 30 p. 100 et une augmentation du poids de graines de 71 p. 100. La qualité de la paille a été jugée de deux degrés supé-

rieure, la longueur technique a augmenté de 12 p. 100. La recette brute a été de 67 p. 100 supérieure.

Même en comparaison avec les parcelles désherbées à la main, on obtient une recette brute plus élevée (13 p. 100 en 1955). De plus, l'économie réalisée en se dispensant du désherbage à la main est substantielle.

La pulvérisation ne doit pas être faite avec des appareils à pression. Dans l'appareil utilisé, le liquide s'écoule de son propre poids sur un disque tournant rapidement et est projeté alentour sous la forme de petites gouttelettes. Les désherbants à base de 2,4 D ont donné de mauvais résultats.

F. Pl.

Shepherd (W.). — **Flax stem anatomy and fibre strand fineness.** (Anatomie de la tige de lin et finesse des faisceaux de fibre). *Materiae Vegetabiles*, **II**, 1, 58-63, 1956.

Les mensurations effectuées sur les variétés *Liral Crown* et *Concurrent* ont montré que la corrélation entre la finesse de la filasse après peignage et celle des faisceaux de fibres observée dans les coupes transversales de tiges est plutôt lâche. Il a été constaté que de nombreux faisceaux de fibres se fendaient longitudinalement au cours du peignage. L'examen microscopique des sections transversales de tiges révèle l'existence, chez de nombreux faisceaux d'une constriction médiaire. C'est à cet endroit que se divisent les faisceaux. Si, pour calculer la surface moyenne d'un faisceau (mesures planimétriques), on les compte pour deux, on obtient un coefficient de corrélation satisfaisant entre la finesse de la filasse peignée et celle observée anatomiquement dans les tiges.

F. Pl.

5. Légumineuses Fourragères.

Cabezas de Herrera (E.). — **Infeccion de la Alfalfa con distintas estirpes de « Rhizobium ».** (Infection de la luzerne avec différentes souches de bactéries symbiotiques). *Anales de Edafologia e Fisiologia vegetal*, **XV**, 1, 85-110, 19 phot. 1956.

Depuis 1888, la spécificité des microorganismes classés dans le genre *Rhizobium* fait l'objet de multiples discussions ; la théorie généralement admise est que chaque souche de ce genre est capable d'infecter un certain nombre de légumineuses à l'exclusion des autres. L'A. a exécuté des inoculations « croisées » en prenant comme hypothèse de travail que la symbiose doit créer une sorte d'adaptation temporaire des bactéries à la plante qui les possède, adaptation pouvant être modifiée expérimentalement en changeant les conditions de vie.

Neuf espèces de légumineuses (tréfle, pois, vesces, lentille, haricot, lupins, ers) ont fourni des bactéries incapables d'infecter spontanément une luzerne de référence (une exception : la lentille, dont les bactéries ont donné sur luzerne des nodosités très discrètes). Après plusieurs repiquages des souches bactériennes sur milieu de culture 79 de Fraile, l'inoculation de la luzerne réussit et produit d'abondantes nodosités. L'hypothèse que la spécificité du *Rhizobium* est une « adaptation », par laquelle le pouvoir d'infecter d'autres légumineuses s'affaiblit et se perd, rencontre un argument dans cette « régénération », ainsi que dans les tests de comportement vis-à-vis d'une série de sucres (acidification, production gazeuse) : ces tests montrent en effet que le comportement propre d'une souche est modifié après passage sur une autre légumineuse, en l'occur-

rence la luzerne de référence, mais ce comportement nouveau diffère encore de celui que présente la souche « spécifique » isolée sur la luzerne. De nombreuses photographies illustrent ce travail, que la revue citée présente à côté d'une étude de G. Tejerina sur la création de nouveux milieux de culture de Rhizobium en vue d'infections artificielles.

R. Ma.

Fyfe (J. L.). — **Relational incompatibility in diploid and tetraploid lucerne.** (Incompatibilité rationnelle chez des luzernes diploïdes et tétraploïdes). *Nature*, **179**, n° 4559, 591-592, 1957.

Il existe chez les luzernes diploïdes et tétraploïdes une relation linéaire entre le coefficient de consanguinité et la stérilité. L'étude de la fertilité dans des familles apparentées amène à envisager l'existence d'une auto-incompatibilité partielle, doublée d'une incompatibilité que l'auteur nomme relationnelle, c'est-à-dire due à des relations de parenté.

Y. Dem.

Papadopoulos (D.). — **Lucerne**, *Medicago sativa*. (Luzerne, *Medicago sativa*). Ministry of Agriculture, Athens, Grece, 52 p., 1957.

La culture de la Luzerne en Grèce a triplé depuis 1938 et les rendements ont augmenté de 30 p. 100. L'importance croissante de cette culture justifie donc cette étude des différentes espèces sauvages de *Medicago*, de leurs caractères et en ce qui concerne *Medicago sativa* de la culture, l'amélioration, la lutte contre les parasites, la récolte et la valeur de diverses variétés.

Y. Dem.

6. Graminées fourragères.

Dijkshoorn (W.) and t'hart (M. L.). — **The effect of alteration of temperature upon the cationic composition in perennial ryegrass.** (Effet des variations de température sur la composition minérale (cations) du ray-grass anglais). *Netherlands J. Agric. Sci.* **5**, 1, 18-36, 1957.

Au cours de l'année 1955, des repousses de ray-grass anglais âgées de 8, 16 ou 24 jours, ayant végété à des températures moyennes journalières de 10, 15 ou 20° appliquées de toutes manières possibles pendant une période de 8 jours ont été analysées. En 1956, les effets de séjours alternés à 10° et à 20° sur la composition minérale du ray-grass ont été étudiés.

Le passage d'un séjour à basse température à un séjour à haute température provoque un accroissement sensible de la teneur en éléments minéraux (cations) proportionnellement plus fort dans le cas du Potassium.

Les teneurs les plus élevées en Potassium chez des plantes maintenues préalablement à 10° puis placées à 20° sont décelées 10 jours après qu'on les a transportées. Par la suite, on note un abaissement de la teneur en K, comme dans le cas où on les soumet successivement à 20 puis à 10°, ou si on les maintient perpétuellement soit à 10°, soit à 20°.

On remarque également que la teneur en nitrate s'accroît lorsque l'on transporte les plantes d'une température basse à une plus élevée. Le Potassium étant le cation le plus mobile, il est normal de penser qu'il devient l'élément cationique prépondérant lorsque la plante absorbe une plus forte quantité de nitrates.

J. Re.

GREEN (J. O.) and EVANS (T. A.). — **Grazing management for seed production in leafy strains of grasses.** (Utilisation en pâturage de cultures de variétés de graminées feuillues destinées à la production de semences). *J. Brit. Grassl. Soc.*, **12**, 1, 4-9, 1957.

Des essais de pâturage à diverses époques de l'année, ont été poursuivis de 1951 à 1954 sur des cultures établies soit en lignes, soit à la volée, et destinées à la production de semences des souches S. 143 (Dactyle), S. 215 (Fétuque des Prés), S. 170 (Fétuque élevée), S. 59 (Fétuque rouge) et S. 23 (Ray-grass anglais).

Les cultures ont été établies sous avoine, au printemps 1951 ; la première exploitation a eu lieu en juillet : il s'agissait d'une coupe à ensiler. Une pâture effectuée au mois d'octobre de la même année a réduit les productions de semences de 1952, dans presque tous les cas, excepté dans celui du ray-grass S. 23.

L'effet d'une pâture de décembre fut bénéfique au cours des diverses années, pour la Fétuque des prés, mais uniquement en 1952 pour les Dactyle, Fétuque élevée et Fétuque rouge.

Des exploitations répétées entre décembre et mars tendent à diminuer sensiblement la vigueur des porte-graines, et même la repousse d'automne. Les mêmes effets se font ressentir à la suite de pâtures échelonnées au cours de la période décembre-fin avril.

Les variétés précoces de Fétuque élevée et de Fétuque rouge voient leur production de semences sérieusement diminuée (respectivement de 20 et 50 p. 100 après le traitement le plus défavorable). Les ray-grass anglais S. 23 et la Fétuque des prés S. 215 réagissent de manière moins importante.

Les meilleures productions de semences ont été obtenues sur des cultures établies en lignes espacées de 45 cm environ dans le cas du Dactyle et de la Fétuque élevée, alors que l'effet du mode de semis est nul pour les autres espèces.

J. RE.

JANTTI (A.) and HEINONEN (R.). — **Effect of defoliation and soil moisture on grassland regrowth.** (Effet de la défoliation et de l'humidité du sol sur la repousse des prairies). *J. Brit. Grassl. Soc.*, **12**, 1, 56-61, 1957.

Des résultats d'essais poursuivis sur prairies temporaires comportant notamment du Dactyle et de la Fétuque des prés confirment les conclusions préliminaires de KRAMER et JANTTI, qui avaient démontré que la force d'absorption de l'eau par les organes souterrains de plantes défoliées s'abaissait considérablement.

Une défoliation complète de plantes, situées sur un sol dont la teneur en eau est maintenue au niveau du point de flétrissement jusqu'à 40 cm de profondeur provoque un arrêt de croissance presque complet. Si on laisse sur les plantes une certaine quantité de tissus capables d'assimiler, leur rythme de croissance, sur le même sol, atteint 70 à 90 p. 100 de leur rythme normal sur sol pourvu d'eau.

L'interaction défoliation-teneur en eau du sol est surtout importante dans le cas de végétaux presque entièrement dépourvus de feuilles. A partir du moment où l'exploitation laisse 4 cm de chaume, les plantes sont capables de repousser presque normalement, même en période très sèche.

J. RE.

TROUGHTON (A.). — **The underground organs of herbage grasses.** (Les organes souterrains des Graminées Fourragères). *Commonweatlh Bureau of Pasture and Field Crops*, bull. nº 44, 163 p., 1957.

A. TROUGHTON, spécialiste britannique de l'étude des aspects agronomiques du ley-farming, ayant déjà publié des travaux très importants sur le développement radiculaire des principales espèces fourragères, ainsi que sur l'évolution annuelle des réserves à l'intérieur des organes souterrains des Graminées, a préparé une revue bibliographique de ces questions. Elle comporte notamment :

— un chapitre relatif à la description des organes souterrains : systèmes radiculaires séminal et nodal, rhizomes, bulbes, base des tiges renflées ou non, gaines des feuilles inférieures. Dans ce chapitre sont incluses des données concernant la physiologie du développement de ces organes, et en particulier l'évolution saisonnière de leur composition.

— un chapitre traitant des facteurs capables d'influencer le développement des organes souterrains : facteurs édaphiques, climatiques, modalités d'exploitation, de fumure, interactions entre espèces à l'intérieur d'un peuplement.

— L'effet des plantes sur le sol, sur sa structure, sur sa teneur en matières organiques est étudié dans le troisième chapitre.

— Enfin, une revue critique des méthodes d'étude des organes souterrains est présentée dans la dernière partie.

J. RE.

7. Arboriculture fruitière.

FILEWICZ (W.) and MODLIBOWSKA (I.). — **The hardiness of the south-western part of the tree as the major factor in its survival during test winters.** (La résistance au froid de la partie de l'arbre exposée au sud-ouest, facteur principal de la survie au cours des hivers critiques). *XIVe Intern. Hort. Congress*, **I**, 879-886, 1955.

Les observations et travaux résumés dans cette communication ont été entrepris à la suite des graves dégâts de froid, souvent mortels, causés dans les vergers polonais qui avaient été plantés, au début de ce siècle aux hivers doux, en variétés à couteau de choix, mais sensibles au froid.

A la Station de Sinoleka, un grand nombre de ces arbres francs de pied furent sauvés et restèrent productifs grâce à la pratique soit de greffes d'approche et greffes en ponts, soit de greffes au sommet effectuées sur la partie vulnérable orientée vers le sud-ouest, à partir de variétés résistantes au froid. Ces deux techniques permirent à des variétés sensibles de traverser sans dommage de nouveaux hivers rigoureux.

Par ailleurs, il fut réalisé des greffes au sommet, de variétés sensibles sur variétés résistantes, qu'elles soient faites sur jeunes arbres ou sur arbres en production, en laissant au sud-ouest quelques branches de la variété résistante non greffées. Les excellents résultats de cette « méthode mixte FILEWICZ » furent acquis lors des grands froids de 1928-29 et 1939-40, en comparaison avec des témoins non traités.

Des variétés sensibles telles que *Reinette de Coulon*, *Reinette Landsberger*, *Cox's Orange* subsistèrent sur *Antonowka* et produisaient encore en 1955, tandis que sur leur propre tronc, dans le même lieu, elles disparurent. L'exceptionnelle résistance au froid d'*Antonowka* et son utilisation efficace dans la « méthode mixte » put ainsi être mise en exergue et se répandre. La discussion qui suit

l'exposé de ces importants résultats pose d'intéressantes questions sur les rapports entre scions et porte-greffes envisagés sous l'angle physiologique de la résistance au froid.

B. S.

LAKE (J. V.). — **The effect of microclimatic temperature upon the date of flowering of the apple.** (L'influence de la température microclimatique sur la date de floraison chez le Pommier). *J. Hort. Sci.* **XXXI**, 4, 244-257, 1956.

Les essais, disposés systématiquement, portent, deux années successives, sur de jeunes arbres des variétés *Cox's Orange*, *Pippin* et *Worcester Pearmain*. L'un des deux microclimats aux caractéristiques opposées, est constitué par une poche de froid abritée seulement au Sud-Est et à l'Est. La température au sol n'a pas été mesurée. Son importance est seulement déduite. La croissance des bourgeons végétatifs et floraux a été retardée, jusqu'à la floraison, dans le microclimat aux températures nocturnes les plus basses — compte tenu du facteur variétal. Le nombre des bourgeons floraux formés dans le microclimat le plus froid s'est avéré le plus faible.

Il apparaît, en accord avec les travaux de W. G. V. BALCHIN et N. PYE sur d'autres espèces, que la température nocturne minimum peut avoir une influence marquée sur la vitesse de croissance des deux sortes de bourgeons, au printemps.

Pour les variétés et dans les conditions envisagées, la croissance printanière des bourgeons à fleurs est déclenchée après un certain nombre minimum de degrés diurnes supérieurs à 5°5C. En outre, la date de floraison dépend d'une part des températures nocturnes minima et des sommes de températures inférieures à 5°5C, au printemps, d'autre part, de celles se rapportant à l'année précédente.

Des différences de réactions variétales aux microclimats distingués ont été observées dans les dates de floraison.

B. S.

9. Plantes horticoles.

HONMA (S.). — **A bean interspecific hybrid.** (Un croisement interspécifique de Haricot). *J. Heredity*, **XLVII**, 5, 217-220, 1956.

L'étude du croisement interspécifique *Phaseolus vulgaris* × *Ph. acutifolius* a été entreprise en vue d'incorporer au premier la résistance à la graisse commune (*Xanthomonas phaseoli*) du second.

L'hybridation, même dans le sens le plus favorable qui est d'utiliser *Ph. vulgaris* comme femelle, est difficile à réaliser car l'embryon hybride avorte avant maturité et il est nécessaire de le cultiver in vitro : quatre plantes F_1 seulement furent obtenues pour plusieurs centaines d'embryons cultivés. Ces F_1 ont une fertilité normale.

L'hérédité de la résistance à la graisse et de différents caractères morphologiques distinguant les deux espèces est de nature quantitative.

P. PÉC.

JENSMA (J.R.). — **Cabbage varieties — Sluitkoolrassen** — (Variétés de choux) *Inst. Vered. Tuinbouwg. Wageningen*, 150 pages, 1956.

Cette monographie comprend l'étude de 36 variétés de choux cabus, 24

variétés de choux de Milan et 9 variétés de choux rouges. La description des variétés, basée uniquement sur la morphologie et le port des feuilles, ainsi que sur la forme de la pomme est assez brève. Les caractères de hauteur de tiges et précocité ne sont utilisés que pour distinguer des types à l'intérieur d'une même variété. L'auteur indique l'origine, les synonymies et très brièvement l'intérêt cultural pour les Pays-Bas, de chaque variété, ainsi que les références bibliographiques. Le texte est accompagné d'excellentes photos.

Environ la moitié des variétés françaises de choux cabus et de choux de Milan sont décrites, ainsi que toutes les variétés françaises de choux rouges.

G. R.

YEN (D. E.) and FRY (P. R.). — **The inheritance of immunity to pea mosaic virus.** (L'hérédité de la résistance du Pois au virus de la mosaïque jaune). *Austral. J. Agric. Res.* **7**, 4, 272-280).

L'hérédité de la résistance du Pois au virus de la mosaïque a été étudiée dans les croisements entre les variétés résistantes : *William Massey* = *Kelvedon Wonder*, *Onward* et les variétés sensibles : *Blue Prussian* et *Greenfeast* = *Lincoln*.

Le comportement vis-à-vis de la mosaïque fut étudié en serre, par inoculation artificielle par frottement des feuilles.

L'étude des F_2, des F_3, des backcross a montré que :

— un seul couple de génes *Mo*, *mo* détermine le comportement vis-à-vis de la mosaïque ;

— les individus *momo* sont résistants ;

— les individus *MoMo* sont plus sensibles que les individus *Momo*.

Les premiers extériorisent les symptômes plus rapidement que les seconds. Il existe des différences de sensibilité variétale à la mosaïque : la variété *Blue Prussian* montre des symptômes de nécroses et meurt, tandis que la variété *Greenfeast* ne montre que les symptômes de mosaïque et un rabougrissement.

P. PÉC.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 30-10-1957.

Dépôt légal: 4e trimestre 1957 *N° d'impression: 667*

BIOLOGIE ET EXPLOITATION DE LA LUZERNE

PAR

Y. DEMARLY

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Variétés ou types.**
II. — **Rythme de croissance.**
III. — **Possibilités d'exploitation.**
A. Modification du rythme d'exploitation de la luzerne, en vue de l'obtention d'un fourrage riche en protéines.
B. Exploitation d'une luzernière pour la production de graines.
C. Exploitation d'une luzernière en vue du pâturage.
IV. — **Association luzerne-graminées. Comportement en compétition.**
V. — **Action des accidents climatiques et des parasites sur la luzerne.**
A. Action du froid sur la luzerne.
B. Action des parasites sur la luzerne.
C. Résistance aux maladies des diverses populations et variétés de luzerne.
VI. — **Références bibliographiques.**

I. — VARIÉTÉS OU TYPES

La variabilité totale du genre Luzerne est très étendue puisqu'il englobe à la fois des types voisins de *Medicago falcata*, à gousses en forme de faucille, à racines fasciculées, à fleurs jaunes et à port étalé, et des plantes de *Medicago sativa* à fleurs violettes, à gousses spiralées contenant des graines réniformes, à racines pivotantes, à port dressé.

Les individus hybrides entre ces deux extrêmes constituent la gamme des *Medicago media* de formes et d'aptitudes variables, offrant une très large prise à la sélection naturelle. On conçoit donc aisément que se soient différenciées en France de nombreuses populations locales ; chacune d'elles est, du point de vue génétique, en état d'équilibre ; cet état est le reflet des conditions de milieu relativement constantes qui se sont manifestées au cours des différentes générations de reproduction de ces diverses populations.

Les populations françaises de Luzerne ont été étudiées à la Station

Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles par MAYER, VINCENT et ECOCHARD.

Les types qui ont été distingués sont les suivants :

— Population Flamande dont l'aire de répartition couvre le Nord et le Pas-de-Calais.

— Population de Beauce très voisine du type flamand.

— Population du Poitou, dans les départements de la Vienne, des Deux-Sèvres, le sud de la Vendée, les Charentes, l'Indre-et-Loire.

— Population du Marais Poitevin occupant la région de Luçon.

— Population du Marais de Challans localisée dans les sables calcaires du Marais Vendéen.

— Population de Provence, cultivée dans les Bouches-du-Rhône, le Vaucluse, le Gard, l'Ardèche, la Drôme et les Basses-Alpes.

En plus de ces populations naturelles, on peut par sélection obtenir des variétés à potentialités agronomiques mieux définies ; mais ces sélections ne constituent pourtant pas des lignées pures : la Luzerne étant une plante à fécondation croisée, il est impossible d'obtenir des variétés à la fois vigoureuses et génétiquement pures.

La caractérisation d'une variété sélectionnée ne peut donc se faire qu'en déterminant la proportion des plantes de cette variété qui possèdent un caractère donné.

Les caractères morphologiques utilisés jusqu'à présent sont :

— pourcentage de racines pivotantes ;

— pourcentage de fleurs bigarrées ;

— pourcentage de fleurs foncées ;

— pourcentage de graines réniformes ;

— nombre moyen de tours de spires des gousses.

A l'aide de ces caractéristiques toutes les populations françaises et toutes les variétés inscrites au Catalogue peuvent être distinguées, comme le montre le tableau suivant.

	% Racines pivotantes	% de fleurs bigarrées	% de fleurs foncées	% de graines réniformes	Nombre de tours de spires des gousses
Populations :					
Flamande	< 40	< 15		> 40	2,15
Poitou	> 40	> 15		< 40	2,30
Marais de Luçon	< 40	> 15		< 40	2,45
Marais de Challans	> 40	< 15		> 40	
Provence	> 50	< 8		> 40	2,85
Ormelong	> 50	< 15		> 40	2
Variétés inscrites :					
du Puits	> 60	> 15		< 40	> 2,5
FD 100	18,25	5	19	53	1,91
Émeraude	39,45	14	21	37	2,23
Gamma	41,00	13	3	31	2,20
Orchésienne	37,50	8	14	35	1,70

Les nouvelles variétés : Cardinal, Oméga, Etoile du Nord, provisoirement inscrites, sont en cours de multiplication et seront mises au commerce dans les années qui vont suivre (1).

Les champs de multiplication sont soumis à un contrôle sur pied. Les contrôleurs vérifient la conformité variétale de la culture, notent son état sanitaire et les conditions d'isolement. Lorsque ces divers éléments sont satisfaisants, la graine est accompagnée, après battage, d'un certificat officiel délivré par la C. O. C. (Commission Officielle de Contrôle).

Ce système de contrôle oblige tout obtenteur d'une variété de luzerne, à maintenir son type sélectionné constamment identique à lui-même : ceci, non pas tant pour garder une stabilité morphologique à la variété (ceci serait d'intérêt secondaire), mais parce qu'à un type morphologiquement défini, sont liées des aptitudes agronomiques elles aussi définies :

— rythme de croissance ;
— possibilités d'exploitation ;
— comportement en compétition ;
— résistance aux parasites.

Ce sont ces divers points qui vont successivement être envisages ici.

II. — RYTHME DE CROISSANCE

Avant d'entreprendre l'étude des possibilités d'exploitation d'une luzerne, il est indispensable de connaître son rythme de croissance naturel en prenant en considération plus particulièrement :

— la qualité de la récolte obtenue ;
— la nécessité de laisser la plante emmagasiner des réserves dans les racines pour maintenir un peuplement correct de la culture.

La luzerne s'accommode d'un sol bien drainé et peut, lorsqu'elle est établie, résister à la sécheresse estivale grâce à son système radiculaire profond.

Dans un sol de limon, 60 jours après le semis, les racines atteignent 0,50 m de profondeur ; à 5 mois les plus fines vont jusqu'à 1,50 m ; enfin, à 2 ans, elles atteignent fréquemment 3 mètres.

Lorsqu'on n'envisage que la production fourragère, les conditions climatiques qu'exige une luzernière sont assez peu strictes : l'aire de culture de la luzerne s'étend des pays nordiques (Suède, Norvège, Finlande) jusqu'aux pays méditerranéens. Le nombre de coupes effectuées chaque saison va en croissant du nord au sud à mesure que la température est plus chaude, à condition que l'alimentation en eau ne soit pas un facteur limitant.

(1). Les caractéristiques agronomiques de ces populations et variétés sont publiées dans le chapitre : « Le choix variétal des luzernes » du numéro spécial du Bulletin Technique d'Information consacré aux plantes fourragères.

A Versailles les sommes de températures nécessaires pour réaliser trois coupes ont été les suivantes (moyenne des années 1947-1948-1949, exprimées en degrés centigrades).

	Luzerne précoce	Luzerne demi-précoce
Première coupe	967	1 037
Deuxième coupe	625	761
Troisième coupe	626	779
Total	2 218° C	2 577° C

Les terres acides ne conviennent guère à la luzerne : sa végétation n'est luxuriante que si le niveau calcique du sol est assez élevé. Il est difficile de fixer un pH limite à la culture de la luzerne ; cependant on peut expliquer partiellement sa répulsion pour les terres acides par les observations suivantes (tirées des travaux de R. Georlette, Belgique) : l'alimentation azotée de la luzerne est effectuée en grande partie par les bactéries des nodosités ; or les bactéries de la luzerne se développent de façon très faible lorsque le pH atteint 6, et ne résistent pas du tout à une acidité de pH 5. Par contre, l'optimum d'activité de ces bactéries se situe dans les zones de pH allant de 6,5 à 7,2. Ces diverses conditions : réaction du sol et présence de populations bactériennes spécifiques étant satisfaites, l'exploitation d'une luzernière est chose assez simple pourvu que l'on n'entrave pas le rythme physiologique de la plante.

La quantité de matière verte produite par un champ de luzerne augmente suivant la classique courbe de croissance en S. On peut distinguer les stades suivants :

1° Réveil de végétation : début de croissance des bourgeons.

2° Période d'élongation des entrenœuds avec croissance de plus en plus rapide. Des luzernes flamandes au début d'avril se sont allongées de 10 cm en 15 jours ; au début de mai, pendant la même durée leur taille s'est accrue de 26 cm. Pendant cette phase de croissance, le poids de matière verte à l'ha peut augmenter quotidiennement de 800 kg.

3° Le 3e stade de végétation commence à l'apparition des boutons floraux, c'est le stade de bourgeonnement : l'élongation des tiges est beaucoup plus lente alors que l'accroissement du poids de fourrage vert se poursuit jusqu'à la pleine floraison.

La teneur en matière sèche des plantes évolue suivant une courbe sensiblement semblable.

Début bourgeonnement	15,75 % matière sèche
Bourgeonnement	18 % matière sèche
Floraison	21 % matière sèche

Il semblerait donc tout indiqué d'attendre la pleine floraison pour obtenir la récolte maximum. Mais la qualité du foin de luzerne a une im-

portance tout aussi grande. Ce foin comprend deux parties assez différentes :

— les tiges qui, à partir du stade bourgeonnement, se lignifient rapidement ;

— les feuilles, partie riche en protéines, dont la proportion varie énormément avec le stade de développement.

Stade	Pourcentage de feuilles
Début bourgeonnement	44 %
Bourgeonnement	40,5 %
Début floraison	36,5 %
Floraison	33 %

La richesse en azote et en carotène évolue d'une manière parallèle à cette richesse en feuilles.

Lorsque la plante est très jeune, tiges et feuilles sont très riches en azote (sur une repousse de luzerne du Poitou haute de 30 cm, la teneur en azote des feuilles est de 5,0 p. 100 et celle des tiges de 4,2 p. 100).

Mais cette teneur baisse rapidement, dans la matière sèche globale, à mesure que la lignification se réalise et que la proportion de feuilles diminue.

	% de feuilles de la matière sèche	% d'azote de la matière sèche
Coupe avant l'apparition des boutons floraux	46,7	3,2
Bourgeonnement	43,1	2,8
Début floraison	37,0	2,6

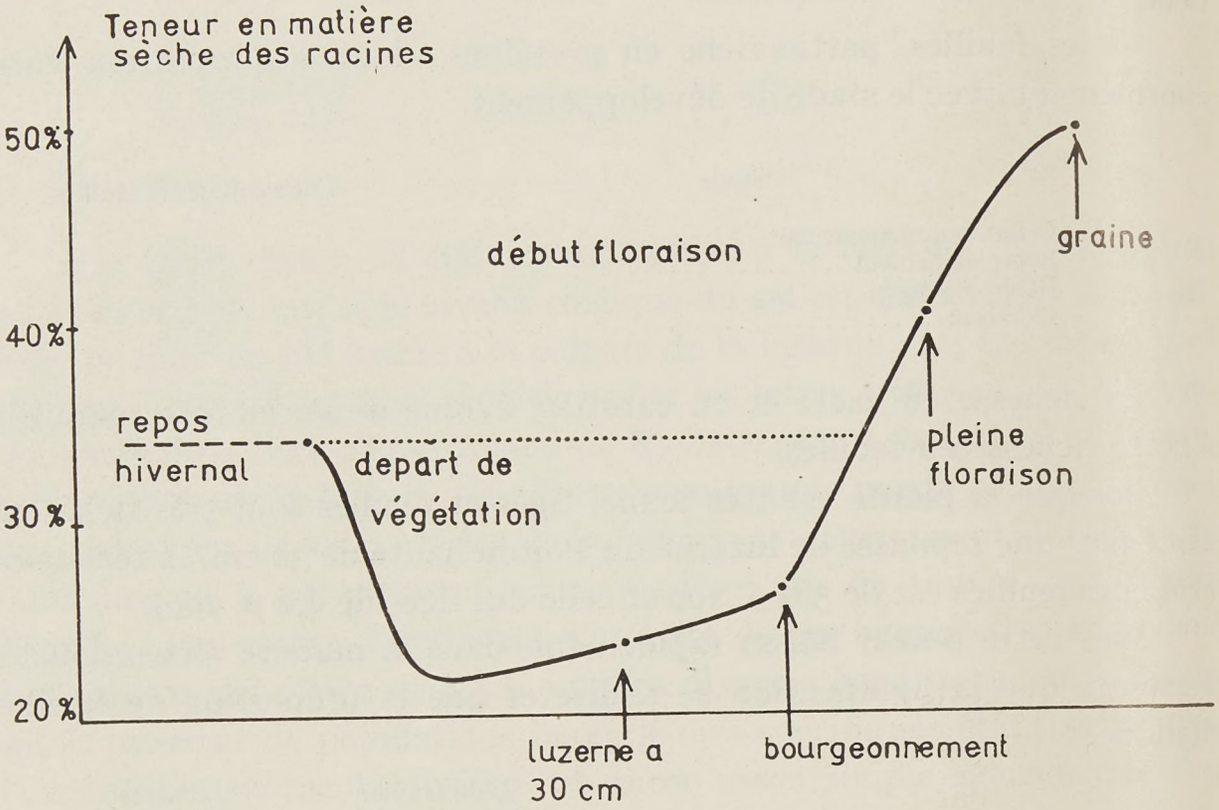
Si l'on veut rechercher un compromis entre la quantité de fourrage et sa valeur nutritive, il semble que le stade de coupe optimum se situe donc au début de floraison. Le rendement en protéines d'un champ de luzerne atteint en effet son maximum lorsqu'environ le 1/10 des plantes sont fleuries.

Mais le cultivateur a toujours tendance à ne prêter attention qu'à la partie aérienne des plantes. Or c'est aux réserves accumulées dans ses racines que la plante demande les substances nutritives nécessaires à sa croissance.

Après une coupe, la quantité d'hydrate de carbone et de protéines diminue très rapidement dans les racines : la perte de poids des parties souterraines peut alors atteindre 600 à 700 kg/ha pendant la repousse.

Mais dès que les feuilles sont suffisamment développées, l'activité anabolique de la plante s'accroît et à partir du stade bourgeonnement, le bilan assimilation/consommation devient positif : il y a, à nouveau, mise en réserve de substances nutritives dans les racines jusqu'au stade de formation des graines ; l'augmentation de poids des racines entre le début de floraison et la floraison est de 11 p. 100.

Le détail des migrations des principaux constituants énergétiques et plastiques peut être représenté par la courbe ci-dessous qui montre l'énorme consommation que nécessite le départ de végétation.



Ce cycle se reproduit à chacune des exploitations, et il est aisé de concevoir l'importance du stade auquel on effectue une coupe, sur la repousse qui suivra. Il peut être intéressant, par exemple pour maintenir un niveau de réserves suffisamment élevé, de laisser grainer la luzerne une fois au cours de la période de végétation.

Ce rythme de croissance peut être modifié par l'application de diverses techniques d'exploitation.

Il est cependant nécessaire, avant toute intervention de cet ordre, de garder en mémoire le schéma précédent si l'on désire éviter de compromettre les récoltes ultérieures ou même l'existence de la culture.

III. — POSSIBILITÉS D'EXPLOITATION

Contrairement à ce qui se passe dans les pays plus chauds, on ne peut espérer, dans la majeure partie de la France, obtenir des rendements appréciables l'année du semis.

L'établissement de la luzernière a cependant une incidence énorme sur les possibilités de son exploitation au cours des années ultérieures.

Les principes généraux que l'on peut dégager de nombreux essais sont les suivants :

— la luzerne n'aime pas les semis d'automne ; chaque fois que le climat ou les difficultés de préparation du sol ne constituent pas un obstacle

important, le semis se fera au printemps : fin mars ou début avril suivant les régions.

— un semis en sol nu sur terrain bien préparé permet la plupart du temps un établissement nettement meilleur qu'un semis sous couverture. Il se pose évidemment un problème de rentabilité d'utilisation du terrain qui peut être résolu par exemple, par une production de graines de luzerne l'année du semis.

— La luzerne est essentiellement exigeante en potasse et en acide phosphorique. On peut donc considérer comme bonne fumure d'établissement, des doses telles que 650 kg de scories potassiques (12-12) complétées par un léger supplément de potasse apporté sous forme de 50 kg de chlorure de 50 p. 100.

L'apport d'un élément azoté n'est à conseiller que dans des cultures en mélange avec graminées ou dans les terres qui n'ont jamais porté de luzerne.

Dans ce dernier cas, un léger épandage de nitrate à la levée, permet de suppléer à la lenteur de développement du *Rhizobium* dans les nodosités (1).

— Des essais de densité de semis permettent de conclure qu'en terre bien préparée 10 à 15 kg de graines à l'hectare sont largement suffisants pour obtenir, par la suite, une production optimale de fourrage. On constate cependant que, semée à la dose de 15 kg/ha, la luzerne donne un foin à tiges moins lignifiées : il y a donc intérêt à préférer cette densité. Dans les terres plus difficiles cette quantité doit être augmentée de manière à obtenir un peuplement réel de 500 plantes environ par mètre carré.

La première année d'exploitation complète arrive après l'année d'établissement. Dans la majeure partie de la France et en particulier sous le climat du Bassin Parisien, une luzerne flamande exploitée au début de la floraison donne quatre coupes par an.

(1) Un essai réalisé à la Station Centrale d'Amélioration des Plantes durant les années 1954 et 1955 montre l'inefficacité de la fumure azotée dans les régions où la culture de la luzerne est courante.
Cet essai comprenait trois traitements (A, B, C) appliqués à une luzerne flamande en 1954 :

A : aucun apport d'azote.
B : 40 kg d'azote en début de végétation.
C : 20 kg d'azote à la repousse après chaque coupe.

Les coupes ont été faites régulièrement au début de la floraison.
En 1955, les différentes parcelles n'ont reçu aucun apport d'azote afin de vérifier si les traitements A, B, C avaient provoqué un stockage de réserves radiculaires atteignant des niveaux différents. Les résultats de 1955 ont confirmé ceux de 1954 : la fumure azotée s'est montrée inefficace.

Rendements globaux des deux années 1954 et 1955

	Matière verte tonne/ha	Matière sèche tonne/ha	Rendement en azote tonne/ha
A	141,6	25,14	0,743
B	138,8	24,46	0,737
C	140,1	24,88	0,727

Ces diverses coupes nécessitent des durées de croissance variables :

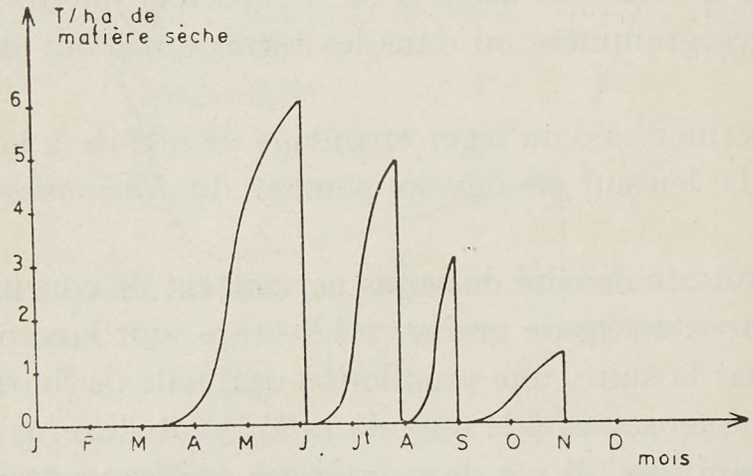
Durée de végétation pour fournir la 1e coupe : 95 jours.

Durée de végétation pour fournir la 2e coupe : 50 jours.

Durée de végétation pour fournir la 3e coupe : 45 à 50 jours.

Durée de végétation pour fournir la 4e coupe : 40 jours.

Cette croissance plus étalée de la première coupe laisse à la plante une possibilité plus grande de synthèse : le fourrage produit à cette époque est donc caractérisé par une teneur en glucides simples et hétérosides plus élevée que dans les coupes suivantes. La quantité de matière sèche produite par hectare est, par suite, beaucoup plus importante lors de cette première récolte en saison.



Mais la luzerne est une plante suffisamment souple pour qu'on puisse, compte tenu de certaines précautions inhérentes à sa physiologie, introduire des variantes à ce schéma classique d'exploitation en quatre coupes au début floraison.

On peut, par exemple, vouloir exploiter une luzernière en vue d'obtenir un fourrage très riche en protéines ; on peut aussi chercher à tirer une récolte de graines d'une culture primitivement destinée à la production fourragère (cette pratique n'est généralement pas recommandable) ; on peut enfin viser à l'exploitation en pâturage direct de la prairie artificielle. Nous allons successivement envisager ces différents points de vue.

A. — Modification du rythme d'exploitation de la luzerne en vue de l'obtention d'un fourrage riche en protéines.

La proportion de feuilles, donc de protéines, diminuant à mesure que la plante approche du stade pleine floraison, on peut obtenir un fourrage de richesse exceptionnelle en soumettant la culture à des coupes très fréquentes (par exemple chaque fois que la luzerne atteint 30 cm).

A ce stade, les deux éléments constitutifs du fourrage : tiges et feuilles, ont des teneurs élevées en protéines.

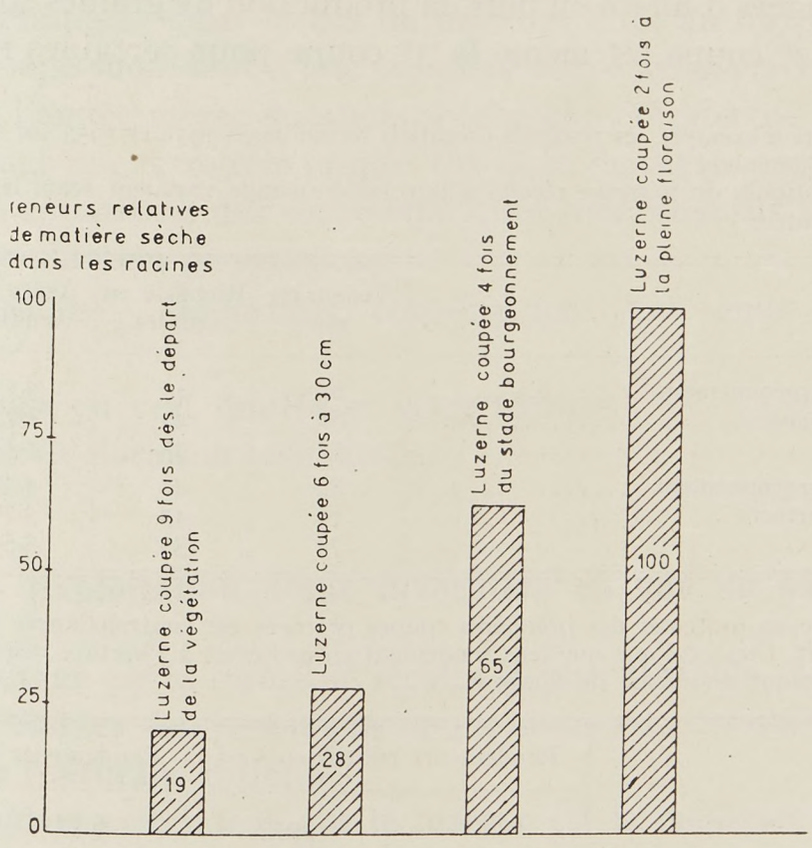
Teneur en azote sur une repousse de 30 cm.

	Flamande	Poitou
	—	—
Dans les feuilles	5,1 %	5,0 %
Dans les tiges	3,7 %	4,2 %

Le fourrage obtenu correspond remarquablement aux exigences des deshydrateurs qui cherchent à fabriquer une farine extrêmement riche en protéines. Il est cependant nécessaire dans ce cas de ne pas oublier que cette exploitation intensive provoque l'épuisement, des réserves radiculaires.

La luzerne coupée pendant toute une saison, chaque fois que ses repousses atteignaient 30 cm, se trouve avoir au moment du repos hivernal une très faible teneur en éléments nutritifs dans les racines et les collets. La résistance des plantes au froid et aux parasites est de ce fait amoindrie et la luzernière risque de se dégrader assez vite.

Voici par exemple, un schéma indiquant le niveau des réserves (exprimées en grammes de matière sèche) dans des racines de luzerne au début de l'hiver après différents modes d'exploitation (données venant des Etats-Unis).



Il est donc déconseillé d'exploiter trop intensivement une luzernière. L'étude des résultats des essais suivis à la Station Centrale d'Amé-

lioration des Plantes montre d'autre part, que cette pratique n'est pas rentable (1).

On peut donc exploiter une luzernière à un stade jeune pour obtenir un produit à haute valeur alimentaire, mais à la condition de permettre, par la suite, à l'aide d'une exploitation rationnelle, le rétablissement d'un niveau correct des réserves de la culture.

B. — Exploitation d'une luzernière pour la production de graines.

Lorsqu'on envisage la production de la graine, il est possible de modifier le rythme de végétation de la plante, de manière à favoriser la production d'inflorescences aux dépens de la production de vert. Le facteur du rendement en graines qui joue le rôle prépondérant dans la plupart des cas, est le nombre de fleurs par plante. Or, il existe toute une série de pratiques culturales qui conditionnent une bonne « mise à fleurs » de la luzerne, de même qu'une taille habile permet une bonne « mise à fruit » d'un arbre fruitier.

Biddulph en 1935 a montré que la formation de boutons floraux est corrélative d'une accumulation de sucres simples et de protéines dans les extrémités des tiges. Il semble y avoir une opposition entre cette accumulation et la pleine croissance des organes végétatifs qui s'accompagne d'une active polymérisation des glucides. Ceci explique que pour des luzernes âgées d'un an ou plus, la production de graines soit plus abondante sur la 2e coupe (et même la 3e coupe pour certaines régions où la

(1) Voici à titre d'exemple, les résultats essentiels recueillis en 1952 et 1953 sur un essai d'exploitation de luzerne flamande.

Les caractéristiques du fourrage récolté à la première coupe variaient selon le stade de coupe, de la façon suivante :

		Teneur en eau	Richesse en feuilles	Azote des feuilles	Azote des tiges
1952	avant bourgeonnement	84	44	5,15	2,4
	bourgeonnement	80	40	4,75	2,0
	floraison	75	35	4,25	1,53
1953	avant bourgeonnement	80	48	4,50	2,30
	bourgeonnement	76	43	3,70	2,26
	floraison	74	35	3,54	1,86

Cette richesse en protéines des premières coupes précoces est contrebalancée par le très faible rendement en vert. Ceci explique que leur rendement en protéines à l'hectare reste inférieur à celui d'une coupe classique en début de floraison.

	Rendements relatifs en vert		Rendements relatifs en azote	
	1952	1953	1952	1953
Avant bourgeonnement	66,8 %	73,2 %	72,8 %	77,2 %
Bourgeonnement	92,3 %	100 %	100 %	111 %
Floraison	100 %	100 %	100 %	100 %

température et l'humidité de l'automne ne sont pas des facteurs limitants). Ces observations expliquent de même l'influence du « tallage » (1) sur la floraison : les plantes semées à faible densité ou à grand écartement ont un grand nombre de bourgeons issus du collet ; la vigueur végétative de chacun de ces bourgeons est d'autant plus réduite qu'une même racine doit en alimenter beaucoup, et la floraison est par suite d'autant plus abondante.

Voici, à titre d'illustration, des chiffres observés sur une luzerne du Poitou :

Les plantes d'une parcelle semée à 5 kg/ha ont un « tallage » deux fois plus élevé que celles d'une parcelle semée à 20 kg/ha.

En outre, dans le cas du semis à 5 kg/ha, le nombre d'inflorescences par tige est plus élevé et le nombre d'inflorescences par plante est de 6 fois supérieur.

Le rythme de croissance à faire subir à une luzernière doit donc reposer sur deux principes :

1° Adoption de techniques culturales favorisant une vigueur végétative restreinte.

2° Rythme de coupe tel que la date de floraison soit située à une période de sécheresse et de chaleur suffisantes pour qu'une pollinisation et une fécondation correcte puissent se réaliser.

Sous le climat du Bassin Parisien et du nord de la France, ces conditions sont remplies, dans le cas de luzernes d'un an ou plus, pour une deuxième coupe succédant à une première coupe assez précoce (bourgeonnement) ou l'année même du semis si celui-ci a été effectué au printemps, en sol nu, dans une terre très propre. Ces deux dernières pratiques doivent provoquer l'apparition des caractéristiques suivantes sur la culture destinée à la production de semences :

— « Tallage » important, conséquence d'un semis à faible densité.

— Pousse en vert limitée et verse réduite.

— Date de floraison bien située.

C. — Exploitation d'une luzernière en vue du pâturage.

Le pâturage est la forme de récolte la plus rentable : les frais mécaniques sont faibles, les pertes par manipulation sont nulles si l'on évite le gaspillage (pâturage rationné).

Les Anglais prétendent que la luzerne est la meilleure pâture d'été. Le reproche souvent fait à cette pratique en France est le risque de météo-

(1) Le terme « tallage » est ici impropre, mais commode. Il s'agit en réalité du nombre de tiges par plantes.

risation. Pour éviter le gonflement des animaux, il suffit de prendre les précautions suivantes :

— Éviter le pâturage de printemps lorsque les jeunes pousses sont très riches en protéines.

— Attendre le début de la floraison pour commencer la pâture.

— Éviter la consommation de l'herbe à la rosée.

— Ne pas amener brutalement des animaux à jeun dans une luzerne.

— Lorsque les bêtes auront commencé à se nourrir avec des légumineuses vertes, que ce soient des trèfles violets ou des luzernes, maintenir cette alimentation de façon continue, en leur allouant dans le courant de l'après-midi leur nouvelle portion fraîche. Les risques de météorisation sont beaucoup plus grands lorsqu'il y a passage alternatif d'une nourriture moins riche à une luzerne en pleine croissance. L'excessive richesse des luzernes en protéines peut d'ailleurs être aisément corrigée par l'association de graminées à cette légumineuse.

IV. — ASSOCIATION LUZERNE-GRAMINÉE. COMPORTEMENT EN COMPÉTITION

L'association d'une graminée à la luzerne a pour but d'augmenter la quantité de foin produite tout en abaissant sa teneur en protéines.

D'après les résultats d'un essai suivi à Versailles en 1951 et 1952 concernant l'association d'une luzerne à un fromental,le rendement en foin du mélange en 1951 a été de 15 p. 100 supérieur à celui de la luzerne pure et de 0,5 p. 100 en 1952. La teneur en matière sèche du mélange a été constamment supérieure à celle de la luzerne pure.

		Luzerne + fromental	Luzerne pure
Teneur en matière sèche	1951	21,4 %	19,6 %
	1952	24,0 %	22,9 %

Par contre, le rendement en protéines pour le mélange a été inférieur. On a donc ici une très nette illustration des conséquences de l'association luzerne-graminées (1).

(1) Des comparaisons menées pendant deux années sur des essais installés au Domaine Expérimental de la Minière en 1952, mettent en évidence les divers points cités ci-dessus.

Rendements relatifs en vert

	1953	1954
Luzerne pure	100	100
Luzerne-dactyle	110,8	105,2
Luzerne-fromental	105,0	95,1

Suite de la note page suivante.

Cette association peut d'ailleurs être envisagée sous différentes modalités. La principale question qui se pose est la suivante :

Faut-il adopter un mélange simple?

La proportion optimum de graminées semble se situer entre 20 et 30 p. 100. La qualité de la récolte d'un tel mélange variant énormément suivant le stade auquel se trouvent les constituants au moment de la coupe, il est beaucoup plus rationnel de n'adjoindre à la luzerne qu'une seule espèce de graminée et même plus, une variété choisie dans cette espèce, de façon à obtenir la meilleure concordance possible entre les rythmes de croissance des composants du mélange.

Des essais effectués en Suisse comprenaient les mélanges suivants :

— luzerne seule ;

— luzerne-dactyle ;

— luzerne-trèfle violet-Ray Grass d'Italie-Fromental ;

— luzerne-trèfle violet et mélange complexe de graminées.

Les résultats ont montré que le seul mélange supérieur à une culture pure de luzerne était le mélange simple Luzerne-Dactyle. Pour les 3 années d'essais, ce mélange a un rendement de 5 p. 100 supérieur à la luzerne pure.

Plusieurs facteurs doivent intervenir dans le choix de la graminée à associer. Il est indispensable de ne retenir que des espèces convenant aux conditions pédo-climatiques dans lesquelles on se trouve. D'autre part, la graminée doit être capable d'entrer en compétition avec la luzerne tout en permettant la réalisation d'un équilibre stable dans l'association. — On doit donc tenir compte des vitesses de germination, de la rapidité d'établissement, des capacités de tallage et de recouvrement, de la longévité de l'espèce.

La compétition s'exerce en effet, non seulement au début de l'établissement de la culture, mais encore à la reprise après chaque groupe et surtout au bout d'un an ou deux, par suite de la persistance plus ou moins grande des divers constituants du mélange soumis à un rythme d'exploitation donné.

Voici par exemple l'évolution durant quatre années d'un mélange luzerne-fétuque élevée cultivé en Caroline du Nord.

Suite de la note de la page 258.

Éléments qualitatifs du mélange en 1re coupe

	1953		1954		
	Pourcentage de graminées	Teneur en matière sèche	Pourcentage de graminées	Teneur en matière sèche	Azote du vert
Luzerne pure	0	26,5 %	0	22,6 %	0,73
Luzerne-dactyle	46,5 %	28,5 %	16,6 %	22,4 %	0,78
Luzerne-fromental	44,0 %	31,5 %	41,2 %	23,2 %	0,69

Pendant les 3 premières années d'exploitation, le rendement du mélange a été sensiblement constant, la proportion de fétuque était de 24 p. 100 en 1re année, de 21 p. 100 en 2e année et 21 p. 100 la 3e année.

Au cours de la 4e année, la luzerne a commencé à disparaître : la proportion de la fétuque dans le mélange est passée à 41 p. 100 et le rendement annuel a été réduit de 50 p. 100.

Une évolution semblable a été observée avec le mélange luzerne-dactyle. Pendant trois années, la production a été soutenue, le dactyle constituant 20 p. 100 du poids de la matière sèche. Au bout de 4 ans la luzerne a été progressivement éliminée, la proportion de dactyle s'est élevée jusqu'à 34 p. 100 et le rendement du mélange a diminué de 20 p. 100.

Ces deux exemples venant des Etats-Unis, ne prouvent pas du tout que dans nos conditions l'union dactyle ou fétuque élevée-luzerne soit à déconseiller. La leçon à tirer de ces données réside simplement dans la nécessité, lorsqu'on crée une prairie temporaire, de définir la durée pendant laquelle cette prairie sera exploitée.

C'est ainsi que pour établir une très bonne prairie temporaire exploitée pendant 2 ans, on pourra adopter le mélange luzerne-ray grass d'Italie. Si l'on envisage de créer une prairie de plus longue durée, les mélanges suivants devront être préférés en fonction des conditions climatiques :

— En terrain frais l'association luzerne-fléole donne des rendements remarquables. Il faut, dans ce cas, choisir de préférence une luzerne précoce.

— Dans les zones à été sec, il est préférable d'adopter le mélange luzerne-dactyle (dactyle demi-tardif).

On peut aussi dans des conditions de sécheresse estivale, utiliser une association luzerne-fétuque des prés ou même dans des terrains très secs, luzerne-fétuque élevée.

Les techniques culturales à employer pour de tels mélanges sont celles qui conviennent à l'établissement des prairies temporaires, à savoir : préparation très soigneuse du terrain, roulage très énergique avant le semis.

On peut semer la luzerne en lignes alternées avec la graminée ; on peut aussi semer la luzerne en lignes et la graminée à la volée.

Contrairement aux recommandations valables lorsqu'il s'agit d'une culture de luzerne pure, un apport d'engrais azotés se révèle indispensable dans le cas de telles associations.

Il reste maintenant à déterminer quelles sont les doses de semences à utiliser pour obtenir une proportion rationnelle des deux éléments.

On conçoit cependant qu'un chiffre précis ne peut être valable que dans des conditions bien définies. Selon qu'on se trouve dans une région convenant particulièrement à la graminée, ou au contraire à la limite de son aire de végétation, selon que la terre est parfaitement préparée ou non, la dose de semis peut varier du simple au double. Les chiffres qui

suivent ne donnent qu'un ordre de grandeur valable en bonnes conditions, après correction de germination.

Luzerne 12 kg	Fléole 2 kg
Luzerne 10 kg	Dactyle 5 kg
Luzerne 12 kg	Ray grass d'Italie 5 kg
Luzerne 12 kg	Fétuque des prés 12-15 kg
Luzerne 15 kg	Fétuque élevée 25 kg

V. — ACTION DES ACCIDENTS CLIMATIQUES ET DES PARASITES SUR LA LUZERNE

I. — ACTION DU FROID SUR LA LUZERNE

Les diverses populations et variétés de luzerne ont des aptitudes de résistance au froid très différentes.

Comme chez la plupart des espèces la concentration du suc cellulaire, et en particulier sa concentration en glucides solubles, semble liée à la résistance au froid. Les plantes qui sont en état de repos hivernal ayant un contenu cellulaire à forte pression osmotique, subissent en général des dégâts assez légers.

Par contre, le départ en végétation entraîne une forte dilution des éléments dissous dans le suc cellulaire et par suite une sensibilité beaucoup plus marquée au froid.

Variation de la teneur des racines en sucres

au repos	au départ en végétation
11,77 %	4,72 %

Il est donc possible de caractériser la résistance au froid de nos luzernes par leur aptitude à rester à l'état de repos pendant l'hiver, ou autrement dit, par leur faculté de ne pas pousser sous un régime de jours courts.

Voici pour quelques populations françaises, le pourcentage des plantes qui ne poussent pas pendant l'hiver (les plantes restent en rosette) :

Pourcentage de plantes en rosette.

Provence	6 %
Poitou	55 %
Marais	46 %
Flamande	64 %

Les types les plus voisins de l'espèce *Medicago sativa*, c'est-à-dire les types méditerranéens : populations de Provence, d'Italie, d'Espagne, d'Argentine, du Pérou, présentent cette caractéristique physiologique d'être peu sensibles au photopériodisme ; elles ont une croissance hivernale importante et, par suite, les dégâts de froid sur leur appareil aérien et au niveau du collet sont très marqués.

Par contre, les variétés proches de *Medicago falcata* sont en général à l'état de repos total dès la fin de l'automne et résistent remarquablement aux hivers rudes.

A la suite de l'hiver 1955-1956, les dégâts de froid sur plantes isolées repiquées au printemps 1955 ont varié de la manière suivante :

Variétés	Plantes tuées
Luzerne Rhizoma (hybride *M. falcata* × *M. sativa* ..	2 %
Luzernes flamandes	20 %
Luzernes du Poitou	30 %
Luzernes de Provence	de 50 à 100 %

Cette relation très intense existant entre l'état des réserves au début de l'hiver et la résistance au froid attire l'attention sur l'importance du stade auquel est faite la dernière coupe.

La date de cette dernière exploitation varie d'une année à l'autre, mais il est indispensable d'éviter de la faire subir à une pousse de 15 à 30 cm : c'est en effet à ce stade que les plantes ont le niveau de réserves le plus faible.

La dernière coupe avant les froids doit donc être faite soit très tard pour qu'il n'y ait plus départ de végétation avant l'hiver, soit suffisamment tôt, pour que la repousse atteigne le stade bourgeonnement, c'est-à-dire un stade suffisamment avancé pour que les réserves soient alors reconstituées.

Cette pousse peut d'ailleurs être laissée en place jusqu'aux gelées et constituer ce qu'on nomme une « réserve sur pied ».

II. — ACTION DES PARASITES SUR LA LUZERNE

Il est difficile d'établir un ordre d'importance de l'action des divers parasites de la luzerne. Ils ont en réalité des effets très différents ; certains interviennent sur la production de fourrage, d'autres sur le grainage, d'autres sur le maintien du peuplement et la longévité.

A. — Parasites cryptogamiques qui déprécient la production de fourrage

On remarque chaque année au printemps, des plantes dont les feuilles ont bruni et se sont recroquevillées. Il faut souvent attribuer ces dégâts à une attaque du mildiou de la luzerne : *Peronospora trifoliorum aestivalis.*

A côté de feuilles totalement desséchées, on trouve des folioles présentant simplement une tache blanche en tout début d'invasion, ou marquées d'une zone jaune pâle à la face supérieure et couvertes d'une poudre gris blanchâtre à la face inférieure lorsque l'attaque est plus avancée.

Ce parasite est un champignon très voisin du mildiou de la vigne

qui développe ses filaments à l'intérieur des tissus foliaires et dont la dissémination se fait par des conidies. Une chaleur humide, des terres sales favorisent ce parasite. L'importance économique des dégâts qu'il cause passe inaperçue la plupart du temps, mais une observation plus précise montrerait qu'outre la dépréciation de la valeur du fourrage, la repousse après la coupe est toujours moins forte sur les pieds malades.

C'est surtout au moment de la troisième coupe que les effets des parasites cryptogamiques sont très marqués : lorsque le mois d'août est pluvieux, les feuilles se couvrent de taches brunes.

Si les taches sont petites et laissent sous le doigt une poussière brune, l'attaque est due à la rouille de la luzerne : « *Uromyces striatus* ». Ce parasite effectue une partie de son développement (stade urédospores et téleutospores) sur la luzerne et le stade écidiospore sur l'euphorbe petit cyprès (*Euphorbia cyparicias*).

Ici encore la propreté de la culture peut conditionner l'importance de l'attaque. Il semble cependant que le développement du parasite puisse se réaliser sans l'intervention de l'hôte écidien.

Si les taches ne produisent pas de poussière brune, l'agent parasitaire est un Ascomycète : *Pesudopeziza medicaginis*. Les cercles sont alors d'un brun presque noir. Au centre de chaque cercle, une petite apothécie colorée est visible lorsque l'atmosphère est surchargée d'humidité. La transmission de cette maladie ne se fait vraisemblablement pas par la graine, les feuilles malades tombent, passent l'hiver sur le sol et donnent de nouveaux asques. Quand le temps, au printemps, redevient favorable, des ascospores germent et disséminent la maladie.

Le *Pseudopeziza* et l'*Uromyces* sont probablement les parasites les plus communs dans nos régions. Ils provoquent une abondante chute de feuilles pouvant aller jusqu'à la défoliation complète si l'exploitation est un peu trop tardive. Les chutes de rendement et de valeur nutritive sur la troisième coupe atteignent jusqu'à 30 p. 100. On limite l'effet du *Pseudopeziza* en récoltant le fourrage dès que les symptômes d'une attaque sérieuse apparaissent.

L'Ascochyta (*Ascochyta imperfecta*) agit de façon toute différente : il se manifeste par des taches brunes à la base des tiges et sur les pétioles au printemps.

Lorsque le développement de la maladie est très intense, les jeunes pousses brunissent et meurent. Dans les attaques moins sévères, la plante peut verser ce qui déprécie singulièrement la valeur de la coupe.

L'*Ascochyta* est favorisé par l'humidité aux pieds des plantes : terrains sales, coupes trop tardives.

B. — Parasites animaux qui déprécient la production de fourrage.

On constate fréquemment des dégâts occasionnés par des petites chenilles jaune-verdâtre qui rongent les tiges, les feuilles et les bourgeons terminaux : ce sont les larves du Phytonome, *Phytonomus variabilis*, petit coléoptère de la famille des Curculionidés, vulgairement appelé charançon. Cet insecte pond ses œufs dans les jeunes tiges de la luzerne. L'incubation dure de 10 à 25 jours.

La destruction du Phytonome peut s'effectuer avec du D. D. T. ou de l'HCH utilisés en poudrage ou en pulvérisation, sous forme de bouillie à environ 1 000 à 1 200 l/ha.

Le Sitone, *Sitona lineatus* est assez voisin du Phytonome ; ses dégâts sont caractérisés par la forme demi-circulaire des encoches qu'il fait sur le bord des feuilles. Son hivernation a lieu dans le sol. Les adultes sortent au début du printemps, s'attaquent alors très souvent aux jeunes semis. Chaque femelle pond de nombreux œufs qui éclosent 2 à 3 semaines plus tard. Les larves peuvent alors descendre attaquer les nodosités et même les racines.

On lutte, comme dans le cas du phytonome, par poudrage ou pulvérisation au D. D. T. ou au Parathion.

Le Négril ou Babotte noire, *Colaspidema atrum* fait, à l'état adulte, des dégâts peu importants sur les feuilles de luzerne. C'est un coléoptère noir brillant, d'un demi-centimètre de long. Il est surtout fréquent dans les régions méridionales où il apparaît dès le printemps ; les pontes commencent immédiatement et les femelles ont une fécondité importante. Les larves, dès leur éclosion, s'attaquent aux feuilles et peuvent détruire la culture en totalité.

La méthode de lutte la plus efficace consiste à faire une coupe et à traiter ensuite par poudrage à l'H. C. H. ou au D. D. T.

C. — Parasites qui nuisent à la production de graines.

Certains parasites végétaux qui nuisent à la production de fourrage, peuvent aussi nuire à la qualité des graines.

L'Ascochyta, en provoquant la verse des tiges, maintient une forte humidité dans les plantes et amoindrit parfois considérablement la récolte en graines.

Mais le plus grand ennemi de la production des graines de luzerne est la Cecidomyie, *Contarinia medicaginis*. C'est une mouche jaune à tête noire qui dépose ses œufs dans les ovaires des fleurs. Le développement de ses larves s'y accompagne d'une déformation de la gousse qui prend une forme de calebasse où la graine ne se forme pas.

L'éclosion de la première génération d'adultes a lieu suivant les années du 10 juin au 15 juillet. Ce sont les larves de cette première génération qui sont les plus dangereuses. La lutte contre cet insecte est difficile. On peut envisager une désinfection du sol : en effet, les œufs, les larves et les pupes passant l'hiver dans les premiers centimètres superficiels du sol, une application d'HCH, de Lindane ou d'aldrine au printemps détruit ces larves, mais détruit du même coup un grand nombre d'animaux qui parasitent la cécidomyie et limitent son extension.

D'autre part l'insecte, bien que volant assez mal, peut être entraîné par le vent à des distances assez grandes.

La lutte par le traitement du sol n'est donc à conseiller que pour des champs bien isolés ou dans des régions où tous les agriculteurs feraient le traitement.

La lutte au moment de la floraison présente des difficultés nombreuses dues à l'échelonnement de la sortie des insectes et à l'étagement de la floraison dans une culture.

Le stade sensible de développement de la fleur est le moment d'ouverture du bouton. Dans nos populations de luzerne, ce stade se prolonge pendant plus d'un mois.

On peut lutter plus efficacement contre la Cecidomyie en faisant plusieurs traitements espacés d'une dizaine de jours dès que l'on a détecté l'apparition d'insectes adultes. Pour ne pas détruire du même coup les agents pollinisateurs de la luzerne, il est préférable d'utiliser le toxaphène.

Les façons culturales, la propreté des champs peuvent diminuer partiellement l'attaque car l'éclosion des œufs nécessite un degré d'humidité assez élevé.

Des études en cours sur l'effet des systémiques révèleront peut-être un moyen de lutte plus efficace, mais il faut reconnaître qu'il n'existe jusqu'ici aucun traitement parfait contre ce parasite et que la désinfection du sol ou le décalage des époques de floraison constituent des solutions provisoires.

D. — Parasites qui détruisent le peuplement de la luzernière.

Les parasites cités précédemment avaient une action assez restreinte en ce sens qu'ils ne tuaient généralement pas la plante attaquée.

Il existe des maladies plus sérieuses qui provoquent la plupart du temps la disparition de la plante :

— Le Sclerotinia (*Sclerotinia trifoliorum*) est surtout un parasite du trèfle violet. Ses dégâts se manifestant au printemps, sont, sur la luzerne, d'importance très variable suivant les années ; ils peuvent être sévères si la culture est installée sur une parcelle ayant porté depuis peu de temps soit du trèfle violet, soit de la luzerne, soit du sainfoin. La meilleure

méthode de lutte est la pratique d'une rotation des cultures et des binages au printemps.

— Le Rhizoctone (*Rhizoctonia violacea*) est un champignon dont les filaments pénètrent dans les racines et forment à leur surface un feutrage de coloration brune ou violette. Par endroits apparaissent des sclérotes. Ce parasite se développe dans les terres sèches et peu profondes et détruit les plantes attaquées. Lorsqu'il apparaît, il faut absolument éviter de refaire une culture de luzerne ou d'une autre légumineuse avant plusieurs années sur le même terrain et au besoin désinfecter le sol au sulfate de fer.

— La brûlure bactérienne (*Corynebacterium insidiosum*) très connue aux Etats-Unis (bacterial wilt) n'a jamais été signalée de façon certaine en France. Il semble que tous les symptômes de brûlure bactérienne observés dans nos régions doivent être imputés à la verticilliose (*Verticillium albo atrum*).

Voici un tableau comparatif de l'évolution de ces deux maladies. Les principales différences s'expliquent par le fait que la bactérie à développement très rapide, provoque brutalement une sorte d'étouffement de la plante alors que le champignon, dont l'extension est plus lente, agit graduellement.

Brûlure bactérienne	Verticilliose
Jaunissement brutal de toutes les feuilles.	Jaunissement des feuilles de la base vers le haut.
Pousse jeunes d'apparence saine.	Pousses jeunes d'apparence saine.
Décoloration d'une zone des racines : anneau gris qui sombre vers *l'extérieur du bois* et sur le cambium coloré en gris par taches.	Décoloration et teinte marron jaune dans la *partie centrale* du bois.

Les seules méthodes de lutte contre ces parasites sont la recherche de variétés résistantes :

— Cuscute (*Cuscuta suaveolens*). On peut classer la cuscute dans la liste des parasites qui détruisent le peuplement des luzernières.

Cette plante, sans feuilles vertes et sans racines, se réduit à de fins cordons soyeux qui s'enroulent autour de la plante et y enfoncent de nombreux suçoirs.

La graine de cuscute, très petite, peut facilement être séparée des graines de luzerne. Les établissements de semences ont tous la possibilité de fournir des luzernes sans cuscute. Ce sont surtout les échanges de graines de cultivateur à cultivateur qui entretiennent l'extension de ce parasite.

La graine de cuscute peut conserver dans le sol sa faculté germinative pendant plus de dix ans. Il est donc indispensable, quand on constate l'apparition d'une tache de cuscute, de détruire le parasite avant qu'il n'ait eu le temps de grainer.

Dans ce but, on fauche soigneusement une surface dépassant large-

ment la zone attaquée, on ramasse ce fourrage dans des sacs et on le brûle. On étend, sur la tache parasitée, de la paille qu'on fait brûler ; on traite ensuite le sol à l'aide d'une solution de sulfate de fer, d'acide sulfurique à 10 p. 100 (emploi dangereux) ou de divers produits commerciaux. L'essentiel est de faire le traitement dès l'apparition du parasite.

E. — Résistance aux maladies des diverses populations et variétés de luzerne.

Les populations de luzerne, et même les variétés sélectionnées, sont des ensembles d'individus hétérogènes pour leur constitution génétique. On conçoit donc très bien que dans l'état actuel des obtentions, on puisse difficilement trouver des types de résistance totale vis-à-vis d'un parasite.

D'autre part, le réseau d'expérimentation des nouvelles variétés est encore trop restreint pour que les notations qui suivent aient une valeur générale, elles constituent simplement des indications valables pour le Bassin parisien et la partie nord de la France.

Population ou variété	Résistance au froid	Pseudopeziza	Mildiou	Verse
Flamande	bonne	sensible	assez sensible	peu sensible
Poitou	médiocre	sensible	sensible	très sensible
Marais de Challans	mauvaise	très sensible	très sensible	très sensible
Marais de Luçon	assez bonne	peu sensible	très sensible	très sensible
du Puits	moyenne	sensible	peu sensible	sensible
FD 100	bonne	sensible	résistant	résistant
Orchésienne	bonne	peu sensible	peu sensible	peu sensible
Émeraude	moyenne	sensible	peu sensible	sensible
Gamma	moyenne	peu sensible	assez sensible	peu sensible

RÉSUMÉ

Biologie et exploitation de la luzerne.

Le cycle naturel de végétation des luzernes permet d'envisager différents rythmes d'exploitation (recherche d'un fourrage riche en protéines, exploitation pour la production de graines, production en vue du pâturage...). Lorsqu'on destine une luzernière au pâturage, l'association luzerne-graminée est préférable. Il existe entre les diverses variétés des différences de résistance aux accidents climatiques et aux parasites.

SUMMARY

Lucerne biology and management.

The natural vegetative cycle of lucerne allows different systems of management (forage-crop for a high nitrogen-content, management for seed pro-

duction, pasture-management...). When a lucerne field is intended for pasture, a grass-lucerne mixture is prefered.

Various degrees of resistance to climatic factors and parasites have been observed between the different varieties.

ZUSAMMENFASSUNG

Biologie und Ausnutzung der Luzerne.

Der natürliche Wachstumscyklus der Luzernen ermöglicht verschiedene Nugungsverfahren (Erzeugung eines eiweissstoffreichen Viehfutters, Samenerzeugung, Weidenutzung, u.s.w.). Für Weidenutzung ist ein Gemisch von Gräsern und Luzerne vorzuschlagen. Die Sorten sind verschieden für Wiederstandsfähigkeit gegen Klima und Krankheiten.

РЕЗЮМЕ

Биология и эксплуатация люцерны.

Центральная станция Генетики и Мелиорации растений в Версале.

И. ДЕМАРЛИ.

Естественный цикл растения люцерн позволяет рассматривать различные ритмы эксплуатации (получение фуража, богатаго белками, производство семян, пастбищное пользование...).

Если поле, засеянное люцерной, должно служить для пропаски, ассоциация люцерна-травы, предпочтительна.

Существуют различия устойчивости, между сортами, к климатическим условиям и к паразитам.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Variétés et types.

Alabouvette (L.) et Meneret (G.). — Importance du choix des provenances de luzerne. Orientation à donner à la production des semences de luzerne en France. *Ann. Agron.*, **5**, 407-445, 1935.

Bottazzi (G. B.). — Profilo tipologico dell'erba medica. *Genetica Agraria*, II, 3-4, 199-232, 1950.

Canal (L.). — Processus de certification des semences de luzerne. *Conf. Europ. Herb.*, 171-174, 1954.

Mayer (R.), Vincent (A.) et Ecochard (R.). — Les populations françaises de luzerne. *Ann. Amel. Plantes*, II, 1-46, 1951.

Zaleski (A.). — Lucerne investigation. I. Identification and classification of lucerne varieties and strains. *J. Agric. Sci.*, XLIV, 2, 199-200, 1954.

Rythme de croissance et Exploitation.

BAR (K. von) und TSERETHELI (O.). — Der Einfluss der Schnitthäufigkeit auf die Wurzelentwicklung junger Luzerne. *Pflanzenbau*, XIX, 11, 317-328, 1943.
FORTESCUE (R. A.). — The lucerne ley in arable farming. *Agriculture*, LIX, 6, 261-266, 1952.
GRINSTED (R.). — The cultivation of lucerne. *Agriculture*, LVII, 7, 304-307, 1950.
HOBBS (J. A.). — Replenishment of soil moisture supply following the growth of alfalfa. *Agron. J.*, XLV, 10, 490-493, 1953.
HOELSCHER (C. W.). — Changes in the leaf-stem ratio and moisture content of alfalfa at different maturities and heights of cutting. *Res. Progress at the Illinois Agric. Exp. Sta.*, 1952-1954.
KLAPP (E.). — Sichere Luzerneerträge. *Landesausschuss f. landw. Forschung.*, Merkblatt 5, März 1949.
MAYER (R.) et FÉLIX (L.). — L'exploitation de la luzerne pour la production de fourrage. *Conf. Europ. Herb.*, 177-181, 1954.
LAW (A. G.) et PATTERSON (J. K.). — The influence of early spring clipping on alfalfa yields. *Agron. J.*, **47** 7, 323-324, 1955.
RONNINGEN (T. S.) and HESS (A. G.). — Relationship between stand and yield in alfalfa variety comparison. *Agron. J.*, **47**, 2, 92-93, 1955.
SPRAGUE (V. G.) and FUELLEMAN (R. F.). — Measurement of recovery after cutting and fall dormancy of varieties and strains of alfalfa. *J. Amer. Soc. Agron.*, XXXIII, 437-447, 1941.

Engrais-Fumure.

ALDER (F. E.). — The influence of nitro-chalk on established lucerne leys. *J. Brit. Grassl. Soc.*, IX, 4, 323-328, 1954.
BOAWN (L. C.) and VIETS (F. G.). — Zinc deficiency of alfalfa in Washington. *Agron. J.*, XLIV, 5, 276, 1952.
BORAX FRANÇAIS. — Emploi du borax comme engrais dans la culture de la luzerne. *Borax Français*, Paris, 1951.
DIBLE (W. T.) and BERGER (K. C.). — Boron content of alfalfa as influenced by boron supply. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, XVI, 1, 60-62, 1952.
EVANS (H. J.) and PURVIS (E. R.). — Molybdenum status of some New Jersey soils with respect to alfalfa production. *Agron. J.*, XLIII, 2, 70-71, 1951.
VAN GARDEREN (J.). — Fertilizer for lucerne at Vaal-Hartz. *Dept of Agric. South Africa*, bull. 334, 1953.
GLANDER (H.). — Les exigences de la luzerne et l'action spécifique de la fumure potassique sur cette culture. *Rev. Potasse*, sect. 7, 81, 1955.
GRIZZARD (A. L.) and MATTHEWS (E. M.). — The effect of boron on seed production of alfalfa. *J. Amer. Soc. Agron.*, **34**, 4, 365-368, 1942.
HALLOCK (D. L.) and ATTOE (O. J.). — Correlation of phosphorus content of alfalfa with pH and forms of soil phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, XVIII, 1, 64-67, 1954.
HINKLE (D. A.). — Efficiency of various phosphate fertilizers on calcareous soil for alfalfa and sweet clover. *J. Amer. Soc. Agron.*, **34**, 10, 913-918, 1942.
JONES (J. O.) and DERMOTT (W.). — The potash manuring of lucerne. *Agriculture*, LVII, 11, 507-510, 1951.
KLEMME (A. W.). — Boron deficiency in alfalfa. *Missouri Agric. Exp. Sta.* cir. 599, 1951.

LARSON (W. E.), NELSON (L. B.) and HUNTER (A. S.). — The effects of phosphate fertilisation upon the yield and composition of oats and alfalfa grown on phosphate-deficient Iowa soils. *Agron. J.*, XLIV, 7, 357-361, 1952.

MACGREGOR (J. M.) and MOLVEHILL (J. F.). — The effect of trace elements on alfalfa and oats in Minnesota. *Minnesota Agric. Exp. Sta.*, techn. bull., 213, 1955.

MACLEAN (A. J.) and COOK (R. L.). — The effect of soil reaction on the availability of P_2O_5 for alfalfa in some Eastern Ontario soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **19**, 3, 311-314, 1955.

METZGER (H.) et LANTON (K.). — Absorption du phosphore par la luzerne selon la profondeur de localisation de l'engrais et la quantité d'eau d'irrigation ajoutée. *Bull. Doc. Ass. Inter. Fabric. Superphosph.*, n° 18, 45-57, 1955.

NIELSON (R. F.). — Fertilizer requirements of alfalfa hay in Utah. *Utah Agric. Exp. Sta.*, bull. 374, 1955.

RUSSEL (D. A.) et al. — The response of alfalfa to borax fertilizer on Illinois soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, **19**, 4, 474-477, 1955.

SEAY (W. A.), ATTOE (O. J.) and TRUOG (E.). — Correlation of the content of alfalfa with that available in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* XIV, 245-249, 1949.

SHOTTON (F. E.) et JAMES (P. J.). — Essais de fumure sur luzerne dans le Norfolk (1950-1952). *Circ. Inf. Doc. Pot. Alsace, III*, 246-254, 1954.

WALLACE (A.). — Influence of nutrient concentration on the growth and chemical composition of alfalfa. *Agron. J.*, XLIV, 2, 57-60, 1952.

YOUNGE (O. R.) and TAKAHASHI (M.). — Response of alfalfa to molybdenum in Hawaii. *Agron. J.*, XLV, 9, 420-428, 1953.

Production de graines

DEMARLY (Y.) et FÉLIX (L.). — Observations sur la production de graines de luzerne. *B. T. I.*, n° 106, 1956.

LESINS (K.). — Investigations into seed setting of lucerne at Ultuna, Sweden, 1945-1949. *Ann. Ecole Sup. Agric. Suède*, XVII, 441-483, 1950.

PEDERSEN (M. W.) and MACALLISTER (D. R.). — Growing alfalfa for seed. *Utah Agric. Exp. Sta.*, circ. 135, 1955.

PETERSEN (H. L.). — Pollination and seed setting in lucerne. *Ann. Inst. Roy. Vet. Agron. Copenhagen*, 138-169, 1954.

TORSSELL (R.). — Influence of external factors on seed setting in lucerne. *Lantbrukshôgsk. Ann.*, **3** 191-241, 1936.

ZALESKI (A.). — Lucerne seed growing. *Agriculture*, XLI, 9, 418-423, 1954.

ZONJIC (L. B.). — Étude de l'influence des facteurs principaux qui agissent sur la formation des graines de luzerne, *Medicago sativa* L. *Receuil Travaux Fac. Agron. Belgrade*, I, 1, 16-42, 1953.

Mélanges luzerne-graminées.

CAPUTA (J.) et RAPIN (J.). — Influence de la provenance des semences sur le développement et le rendement de la luzerne et de quelques graminées fourragères. *Rev. rom. Agric.*, VII, 1-2, 4-10, 1951.

GAVIES (W.) and DAVIS (A. C.). — Lucerne trials at Colesbourne. *J. Brit. Grassl. Soc.*, VI, 2, 119-124, 1951.

DOTZENKO (A.) and AHLGREN (G. H.). — Response of alfalfa in alfalfa-bromegrass mixture to various cutting treatments. *Agron. J.*, XLII, 5, 246-247, 1950.

DOTZENKO (A.) and AHLGREN (G. H.). — Effect of cutting treatments on the yield, botanical composition, and chemical constituents of an alfalfa-bromegrass mixture. *Agron. J.*, XLIII, 1, 15-17, 1951.

FÉLIX (L.). — La compétition dans les mélanges simples d'espèces ou de variétés. *Conf. Europ. Herb.*, 103-106, 1954.

HUGUES (P.) et FERRET (M.). — Expérimentation sur diverses associations fourragères simples à base de luzerne. *Progrès Agric. Vitic.*, 143, 25/26, 373-378, 1953.

Van der KAMP (T. C.). — Orienterende proef met mengsels van lucerne an gras. (Orientation about mixtures of lucerne and grass, résumé). *Versl. Cent. Inst. Landb. Onderz.*, 45-50, 1953.

KAUTER (A.) et CAPUTA (J.). — Expériences comparatives sur la productivité de la luzerne en semis pur et en mélange avec des graminées et de la luzerne. *Ann. Agric. Suisse*, LXVI, 1, 1-16, 1952.

MACCLOUD (D. E.) and MOTT (G. O.). — Influence of association upon the forage yield of legume-grass mixtures. *Agron. J.*, XLV, 2, 61-65, 1953.

PEARSON HUGHES (G.). — Tall fescue and lucerne drills for winter and summer grass. *J. Brit. Grassl. Soc.*, X, 2, 135-139, 1955.

WILLIAMS (W.). — Experiments on the yield of lucerne strains as pure plots and on the behaviour of lucerne when sown in mixture with various species of grasses. *J. Brit. Grassl. Soc.*, V, 2, 113-130, 1950.

Parasites végétaux.

ERWIN (D. C.). — Crown and root rot of alfalfa. *Calif. Agric.*, **9**, 3, p. 11, 1955.

ISTONINE (M. W.) et ILIANA (A. I.). — (Les causes de la dessiccation de l'extrémité des tiges de luzerne). *Agrobiol.*, **6**, 128-131, 1951.

JONES (F. R.). — Measurement of resistance in alfalfa to common leaf spot. *Phytopath.*, XLIII, 12, 651-654, 1953.

KARAPETJAN (N. O.). — (Nouveau procédé de lutte contre la cuscute). *Izv. Akad. Nank. Armensk. SJSR.*, VII, 8, 85-88, 1954.

KERNKAMP (M. E.) and HEMERICK (G. A.). — The relation of *Ascochyta imperfecta* to alfalfa seed production in Minnesota. *Phytopath.*, XLIII, 7, 378-383, 1953.

KOEPPER (J.-M.). — Relative resistance of alfalfa species and varieties to rust caused by *Uromyces striatus*. *Phytopath.*, **32**, 1048-1057, 1942.

LECLERCQ (J.). — Quelques parasites de la luzerne observés au cours des dernières années. *Agriculture*, n° 155, 125-129, 1954.

MEAD (H. W.). — Studies on black stem of alfalfa caused by *Ascochyta imperfecta* Peck. I. Seed and seedling phases of the disease. *Can. J. Agric. Sci.*, XXXIII, 5, 501-505, 1953.

NOBLE (M.) et al. — Verticillium wilt of lucerne in Britain. *Plant Path.*, II, 1, 31-33, 1953.

REUEL JONES (F.) and WEIMER (J. L.). — *Stagonospora* leaf spot and root rot of forage legumes. *J. Agric. Res.*, LVII, 11, 791-812, 1938.

REITZ (L. P.) et al. — Reaction of alfalfa varieties, selections and hybrids to *Ascochyta imperfecta*. *J. Agric. Res.*, LXXVI, 307-323, 1948.

SHILLITO (J.F.). — A note on the perennation of dodders. *Watsonia*, II, 4, 239-242, 1952.

WATERHOUSE (W. L.). — Australian rust studies. XII. Specialisation within *Uromyces striatus* on *Trigonella suavissima* and *Medicago sativa*. *Proc. Lin. Soc. N. S. Wales*, 367/368, 147-150, 1953.

Parasites animaux.

ANDRES (L. A.) et al. — D. D. T. tolerance by *Lygus* bugs on seed alfalfa. *J. Econ. Ent.*, **48**, 5, 509-513, 1955.

BROWN (E. B.). — Stem eelworm in lucerne. *Plant Path.*, II, 2, p. 54, 1953.

CHAPMAN (R. A.). — Meadow nematodes associated with failure of spring sown alfalfa. *Phytopath.*, XLIV, 9, 542-545, 1954.

DAVIS (R. L.) and WILSON (M. C.). — Varietal tolerance of alfalfa to the potato leafhopper *Empoasca fabae*. *J. Econ. Ent.*, XLVI, 2, 242-245, 1953.

DAVIES (W.). — Lucerne and the *Sitona* weevil. *Agriculture*, LVII, 7, 308-309, 1950.

JORGENSEN (J.). — Biology of the alfalfa snout beetle *(Othiorrynchus ligustici* L.) in Denmark. *Ann. Inst. Roy. Vet. Agron. Copenhagen*, 105-146, 1953.

MEDDER (J. T.) and ALBERT (A. R.). — The relationship between populations of alfalfa insects and soil treatments with boron. *J. Econ. Ent.*, XLVI, 3, 793-797, 1953.

TARRASIJEVIC (N.). — The effect of organic insecticides on harmful and useful insects in lucerne. *Zasht. Bilja*, XXIII, 21-38, 1954.

TROUILLON (L. L.). — Mise au point d'une nouvelle méthode de traitements insecticides des luzernes. *Phytoma*, **61**, 12-15, 1954.

WILSON (M. C.) et al. — Multiple effects of leafhopper infestation on irrigated and non-irrigated alfalfa. *J. Econ. Ent.*, **48**. 3, 323-326, 1955.

PRINCIPAUX ASPECTS DE LA SÉLECTION DES LUZERNES A LA STATION CENTRALE D'AMÉLIORATION DES PLANTES DE VERSAILLES

PAR

Y. DEMARLY

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Objectifs de sélection.**

II. — **Caractéristiques biologiques du matériel de travail.**

Aspect botanique.
Aspect cytologique.
Aspect génétique.

III. — **Orientation du travail d'amélioration.**

Vigueur.
Homogénéité.

IV. — **Réalisation du travail d'amélioration.**

Stade d'étude en pépinière.
Stade d'hybridation.
a) L'homogénéité chez les hybrides.
b) La vigueur des hybrides.
c) Réalisations techniques.
Stade de multiplication.
a) Rendement au cours des multiplications.
b) L'homogénéité au cours des multiplications.
c) Contrôle et conservation des variétés.

V. — **Résumé.**

L'importance de la culture des Luzernes en France (1 500 000 ha) justifie le travail d'amélioration poursuivi sur cette plante depuis une dizaine d'années à la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles. Puisque dans 95 p. 100 des cas, la Luzerne est destinée à fournir une réserve de foin pour des périodes où la production d'autres fourrages est déficiente, la sélection a jusqu'ici eu comme objectif principal l'amélioration des types de Luzerne à faucher.

I. — OBJECTIFS DE SÉLECTION

1° La qualité du fourrage récolté sur une luzernière est très fortemente influencée par le stade de développement atteint au moment de la coupe (entre le début de floraison et la pleine floraison, la teneur en azote d'une luzerne flamande passe de 3,2 p. 100 à 2,6 p. 100) et par les conditions climatiques pendant le fanage (les pertes en protéines montent facilement de 25 à 45 p. 100 quand une pluie survient pendant le séchage).

Les différences de richesse en azote existant entre nos variétés actuelles sont négligeables en comparaison de celles que peuvent provoquer des modifications de techniques d'exploitation. Il semble donc plus important pour l'instant de perfectionner l'équipement de récolte et d'accroître l'homogénéité des variétés plutôt que de sélectionner directement pour une augmentation de la teneur en azote.

2° D'autre part, les différentes populations et variétés de Luzerne présentent une telle hétérogénéité qu'on n'y rencontre presque jamais une sensibilité totale ou une résistance extrême au froid et aux maladies.

Les parasites cryptogamiques, qui pour l'ensemble de la France peuvent être classés dans l'ordre d'importance décroissante suivant : *Pseudopeziza medicaginis*, mildiou (*Peronospora aestivalis*), *Ascochyta imperfecta*, *Verticillium albo atrum* produisent chaque année des attaques dont les répercussions économiques sont assez limitées ; seules des cultures déjà épuisées par un rythme d'exploitation trop intensif présentent des dégâts marqués. Les principaux parasites animaux sont le Phytonome (*Phytonomus variabilis*), le Négril (*Colaspidema atrum*), la Cecydomie (*Contarinia medicaginis*) et le Nématode (*Ditylenchus dipsaci*). Il semble que pour ce dernier seul on puisse obtenir des variétés génétiquement résistantes. L'importance croissante des dégâts qu'il provoque justifiera peut-être la mise en œuvre d'un travail de sélection.

En ce qui concerne le comportement vis-à-vis du froid, nos populations naturelles se classent comme suit : Provence sensible, Poitou et Marais de Challans demi-résistantes, Marais de Luçon et Flamande résistantes. Le comportement des luzernes flamandes semble pour l'ensemble des conditions françaises pouvoir être considéré comme satisfaisant : nous éliminerons donc toutes les variétés présentant une résistance au froid inférieure à celle de cette population.

3° L'objectif essentiel de notre travail de sélection sur la luzerne consiste avant tout, en l'amélioration de la capacité de production, celle-ci étant conditionnée en grande partie par les trois facteurs suivants :

— le rendement lié à la vigueur de la variété,

— l'homogénéité pour le stade de développement,

— la précocité, puisque nous avons constaté d'une part que dans nos conditions, les types précoces étaient toujours les plus productifs et d'autre

part que les variétés tardives ne présentaient aucun avantage quant à leur rythme de production.

Nous nous sommes donc fixé comme objectif, dans le domaine de l'amélioration des luzernes destinées à produire du foin, la mise au point d'une méthode de sélection rationnelle dont l'aboutissement devra être l'obtention à un stade commercial d'une variété à rendement élevé, précoce et homogène pour la date de floraison, présentant des résistances au froid et aux maladies égales ou supérieures à celles de la population flamande.

II. — CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DU MATÉRIEL DE TRAVAIL

1° Aspect botanique

La Luzerne cultivée *Medicago sativa* (L.) est représentée par des populations naturelles hétérogènes dont l'inventaire pour la France, la description et la définition ont été établis à Versailles (Les Populations Françaises de Luzerne, par R. Mayer, A. Vincent et R. Ecochard).

Ces populations naturelles sont constituées d'individus très polymorphes qui pour la plupart de leurs caractères sont des intermédiaires entre les deux extrêmes : *Medicago sativa* « sensu stricto » à fleurs violettes, racines pivotantes, graines réniformes et gousses spiralées et *Medicago falcata* (L.) à fleurs jaunes, racines fasciculées, graines rondes et gousses en forme de faucille. On utilise parfois le terme *Medicago media* pour désigner les types intermédiaires.

Comme toutes les Papillionacées, la Luzerne possède des fleurs à corolle dialypétale (un étendard, deux ailes, deux pétales formant carène), dix étamines dont neuf soudées constituant une gouttière sous le pistil, la dixième étant libre. Le pistil est formé d'un seul carpelle enroulé et présentant deux rangées d'ovules. La pollinisation est entomophile. L'ensemble de la colonne staminale et du pistil est maintenu à l'intérieur de la carène par deux bourrelets que portent les ailes ; les insectes, des bourdons la plupart du temps, à la recherche de nectar écartent ces bourrelets et provoquent fortuitement un rabattement brutal de l'ensemble étamines-pistil. Sur le stigmate se trouvent donc mis en concurrence une majorité d'autopollen et un peu d'allopollen. Une régulation dans les tissus conducteurs favorise ce dernier et la fécondation croisée est de règle bien qu'il subsiste dans la nature un faible pourcentage d'autofécondation.

La plupart des plantes ne sont en effet pas autostériles et il est possible d'obtenir une certaine quantité de graines par autofécondation artificielle.

Les dimensions de la fleur et la disposition des étamines rendent très longue et difficile la castration à la main. La castration chimique à l'aide d'une solution d'alcool est d'une utilisation pratique plus commode.

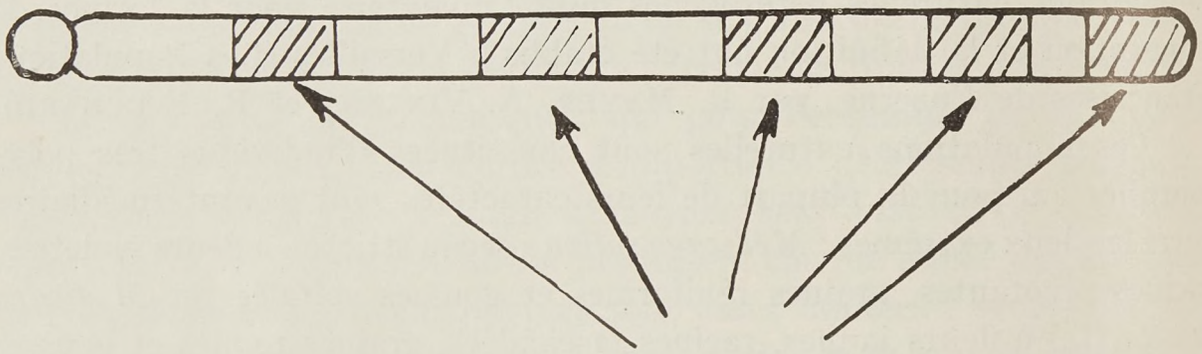
2° Aspect cytologique

La Luzerne est une plante à prochromosomes. Ses 32 chromosomes donnent régulièrement à la méiose un certain pourcentage de tétravalents. La mise en évidence d'un nombre sans cesse croissant de caractères à mode de transmission suivant un schéma tétraploïde confirme l'idée d'une constitution génétique fortement autopolyploïde.

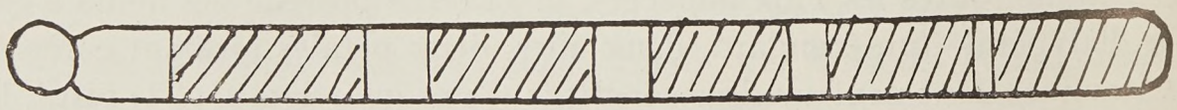
3° Aspect génétique

Par suite de la complexité de son génome, la Luzerne présente des caractéristiques génétiques dont nous résumerons simplement ici les conséquences pratiques (1).

Structures d'un chromosome théorique chez un autotétraploïde soumis à l'autofécondation



Segments rendus homogènes après 5 générations d'autofécondation



après 10 générations d'autofécondation

FIG. 1.

a) L'homogénéisation de familles de Luzerne soumises à une autofécondation artificielle est beaucoup plus lente que celle des plantes diploïdes (Maïs) ou allopolyploïdes (Blé). Il est ici pratiquement impossible, si l'on tient compte du fait que l'obtention d'une nouvelle génération nécessite d'ordinaire deux années de végétation, d'aboutir à des lignées pures. On peut simplement amener à l'état homozygote des caractères majeurs à hérédité assez simple (fig. 1).

b) Les familles chez lesquelles une consanguinité a été artificiellement introduite par autofécondation ont montré d'une façon générale-

(1) L'étude théorique et les démonstrations de ces affirmations font l'objet d'un travail qui sera publié au cours de l'année 1958.

ment nette une vigueur plus faible que celle des plantes dont elles sont issues.

Cette diminution de vigueur se traduit par un abaissement de la taille moyenne des individus, une perte de précocité à la floraison, une richesse en feuilles souvent plus faible et un poids moyen inférieur. On a parfois rencontré des lignées dont les caractéristiques n'étaient pas significativement inférieures à celles de la population d'origine, mais on n'en trouve aucune qui lui soit supérieure.

c) L'aptitude générale à la combinaison est peu marquée et ne se transmet pas héréditairement. On ne peut dans une méthode d'amélioration de la Luzerne utiliser avec succès que des aptitudes à la combinaison individuelles.

d) Lorsqu'on croise des plantes autopolyploïdes, l'hétérozygotie maximum n'est pas obligatoirement atteinte à la première génération hybride. Plus précisément, dans les cas où la population des gamètes impliqués dans le croisement initial dépasse un certain seuil d'homogénéité l'hétérozygotie des F_2, F_3 ... F_n issues de cette F_1 ira croissante pour tendre asymptotiquement vers une limite.

Si, au contraire, on est parti d'une population de gamètes très hétérogènes, la F_1 représente le stade d'hétérozygotie maximum au cours des multiplications de l'hybride. Le niveau d'hétérozygotie final est en équilibre stable, et lorsqu'on n'envisage qu'un seul locus, cet état est pratiquement atteint après 4 ou 5 générations de panmixie.

e) L'utilisation d'une stérilité mâle héréditaire semble actuellement assez problématique.

En résumé, le matériel « Luzerne » pourrait correspondre pour le sélectionneur à la définition suivante : Plante allogame difficile à castrer, dont on peut par autoéfcondation tirer des lignées d'homogénéité limitée. En croisement avec un partenaire bien choisi chaque individu manifeste une aptitude à la combinaison individuelle. La vigueur hybride résultant d'un croisement peut dans certains cas être maintenue au cours des générations de multiplication.

III. — ORIENTATION DU TRAVAIL D'AMÉLIORATION

Connaissant les caractéristiques de ce matériel végétal et nous proposant les objectifs définis précédemment, quelle orientation doit-on donner au travail de sélection ?

Il importe avant tout d'examiner si les qualités que nous recherchons ne sont pas biologiquement en opposition, ceci en particulier lorsqu'il s'agit de concilier vigueur et homogénéité.

1. La vigueur

Les éléments héréditaires qui conditionnent la vigueur d'une plante peuvent être répartis entre les groupes suivants :

a) Un fond génétique stable, c'est-à-dire n'ayant jamais donné de mutations. Cette partie du génome est homozygote, nous ne pouvons l'atteindre ni estimer son importance. La seule preuve de son existence qui puisse être faite est l'induction de mutations nouvelles par substances mutagènes ou irradiation.

b) Des facteurs cytoplasmiques : ceux-ci sont mis en relief par des croisements réciproques. Une série préliminaire de dix hybrides étudiés en 1957 semble montrer que ces facteurs n'ont pas chez la Luzerne une importance prépondérante.

c) Des éléments hétérochromatiques et des polygènes. On a démontré à plusieurs reprises les effets d'éléments localisés dans les chromosomes et les segments hétérochromatiques. MATHER a rapproché ces actions de celles des polygènes en spécifiant toutefois que ces derniers n'étaient pas seulement confinés à l'hétérochromatine.

De toute manière, le mode d'action de ces éléments peut être rattaché à l'une des théories classiques de l'hétérosis. En ce qui concerne notre travail de sélection, il n'a pas été nécessaire jusqu'ici de faire la distinction entre polygènes et gènes.

d) Des gènes dominants. La théorie de l'hétérosis liée à la dominance de certains facteurs est très ancienne (JONES, 1917). Cette dominance peut intéresser des gènes majeurs agissant soit isolément, soit par petits groupes dans une même direction, mais il est probable qu'elle joue le plus souvent sur des polygènes qui ont des effets minimes, et dont l'action est cumulative.

e) Un effet de l'état hétérozygote proprement dit et des phénomènes de superdominance.

SHULL (1911) et EAST (1936) ont été les premiers à émettre l'idée vérifiée expérimentalement depuis, que pour un locus donné, la structure hétérozygote A a pouvait apporter un effet supérieur à l'un ou l'autre des allèles à l'état homozygote ; ce phénomène est appelé superdominance.

Il faut noter ici qu'il est difficile, d'une manière expérimentale, de distinguer les phénomènes de superdominance de l'action de facteurs polygéniques dominants. On peut cependant, pour la pratique de l'amélioration faire la part des « éléments fixables » (gènes majeurs, facteurs dominants aboutissant à des transgressions) et la part des « éléments infixables » (allèles entraînant la superdominance, facteurs dominants trop complexes pour que la probabilité de leur obtention à l'état homozygote puisse s'envisager).

2. L'homogénéité

Dans le cas d'une espèce tétraploïde, il faut noter que les hybride simples ne sont pas phénotypiquement homogènes puisque nous n'avons pas fait intervenir au départ des parents génétiquement homozygotes.

L'homogénéité réalisée chez les familles en autofécondation pour quelques caractères majeurs et à hérédité simple pourra être conservée dans les hybrides. La bonne héritabilité de caractères tels que précocité de floraison et vitesse de développement laisse présager la possibilité d'une homogénéisation dans ce sens.

IV. — RÉALISATION DU TRAVAIL D'AMÉLIORATION

Partant d'un matériel hétérogène brut, pris dans les populations naturelles, nous devons envisager l'amélioration de l'homogénéité, de la précocité et du rendement, ceci étant lié en outre à l'élimination des individus trop sensibles aux maladies, au froid et de mauvaise qualité fourragère.

Nous savons d'autre part que l'utilisation de la consanguinité amènera quelques éléments à l'état homozygote mais aussi que nous serons obligés d'utiliser la vigueur hybride pour obtenir des variétés productives.

L'amélioration de la Luzerne peut donc être subdivisée en trois stades

— stade d'étude en pépinière,
— phase de croisement et d'essai des hybrides,
— multiplication des variétés.

1° Stade d'étude en pépinière

Chaque année des séries d'observations sont effectuées sur des plantes isolées obenues après repiquage. Au cours de l'année qui suit celle d'implantation, sont notés systématiquement un certain nombre de caractères tels que : degré de développement hivernal, résistance au froid vitesse de croissance au printemps, résistance aux maladies, précocité à la floraison et quelques éléments du rendement (hauteur des plantes, nombre de tiges par plante, grosseur des tiges, richesse en feuilles, largeur des feuilles, aptitude à la repousse...).

A ces phénotypes faciles à observer correspondent des génotypes hétérozygotes qu'on ne peut analyser de façon rapide que par autofécondation. Cette méthode permet en outre de sélectionner pour la partie de la vigueur qui est due à la dominance et aux facteurs cumulatifs à hérédité polygénique.

Le but de l'étude en pépinière est avant tout d'effectuer un choix

pour des caractères majeurs en les faisant apparaître par autofécondation lorsqu'ils sont au départ à l'état récessif.

Il importe donc à ce stade de déterminer:

— la part que prennent dans le conditionnement du rendement les différents constituants morphologiques de la plante ;

— l'héritabilité de ces derniers en autofécondation et en croisement ;

— l'intensité de la corrélation entre les caractéristiques notables sur plantes isolées et leur conservation en culture dense. Une étude de ces divers points, actuellement en cours, devrait permettre de faire la part des possibilités de sélection pour la vigueur en autofécondation.

D'un point de vue pratique, il semble rationnel d'autoféconder les plantes les plus vigoureuses dans les populations de départ et de conserver au cours des générations de consanguinité les familles qui tout en présentant une bonne résistance au froid et aux maladies conservent un bon degré de vigueur moyenne. On utilise ainsi au maximum les phénomènes de dominance pour les gènes majeurs et pour les facteurs cumulatifs intéressants.

Nos pépinières comprennent donc chaque année du matériel nouveau et des familles à un stade de sélection consanguine plus ou moins avancé.

Voici à titre d'exemple la composition de la pépinière 1956-1957 :

6	familles	ayant subi	6	générations	d'autofécondation
11	—	—	5	—	—
26	—	—	4	—	—
36	—	—	3	—	—
35	—	—	2	—	—
52	—	—	1	—	—
13	—	—	0	—	—

Lorsque ces familles sont jugées intéressantes pour des qualités de résistance aux maladies, de valeur fourragère, de précocité, et sont suffisamment homogènes, il reste à faire jouer pour leur rendre la vigueur, les phénomènes conditionnés par la structure hybride du génotype.

2° Stade d'hybridation

a) L'homogénéité chez les hybrides.

Lorsqu'on fabrique un hybride à partir de lignées qui sont encore loin d'être homozygotes, comme c'est le cas, nous l'avons vu, chez une plante autotétraploïde, chaque individu de la F_1 est génétiquement unique, c'est-à-dire qu'on ne peut reproduire sa constitution ni dans l'espace en recroisant entre eux les frères du père avec les sœurs de la mère, ni dans le temps en réalisant le croisement entre les lignées issues de l'autofécondation du père et de la mère.

Ici se pose donc le problème de l'homogénéité de la descendance hybride. Les premiers résultats obtenus sur une centaine de F_1 nous montrent que cette homogénéité est très variable suivant les croisements mais qu'on peut trouver des descendances homogènes et très vigoureuses.

b) La vigueur des hybrides.

La vigueur de nos hybrides est mesurée par leur rendement végétatif. Celui-ci est d'une manière générale très supérieur au rendement des lignées, mais le niveau atteint est très différent suivant les croisements. L'aptitude à la combinaison générale est très peu marquée et son utilisation ne nous a jamais permis d'obtenir des descendances significativement supérieures aux populations. Ceci signifie que la partie des gènes majeurs et des facteurs dominants que l'on peut cumuler en travaillant sur des pépinières de dimensions normales (15 à 20 000 plantes chez la Luzerne) ne joue pas un rôle essentiel.

L'utilisation de polycross ou de topcross comme technique de jugement de l'aptitude à la combinaison apparaît donc comme assez peu efficace. Par contre, l'aptitude à la combinaison individuelle, c'est-à-dire la possibilité pour deux individus de fournir des descendances où se manifestent de façon favorable des phénomènes de superdominance et pour une certaine part de dominance, est intéressante à rechercher. (Plusieurs de nos hybrides ont des rendements qui dépassent de 20 p . 100 celui des meilleures variétés actuelles.)

Cette aptitude individuelle est très stricte : ainsi, on a pu constater à plusieurs reprises qu'un même père croisé successivement avec deux plantes sœurs d'une lignée soumise depuis quatre générations à l'autofécondation artificielle pouvait donner des descendances dont les rendements sont très significativement différents. L'hétérogénéité encore élevée des lignées parentales ne peut expliquer qu'en partie ces résultats. En effet, si le rendement dépendait de facteurs à hérédité polygénique extrêmement nombreux et répartis sur tout l'ensemble des chromosomes, des plantes sœurs de lignées en quatrième génération d'autofécondation auraient assez peu de chance de donner en croisement des descendances de niveau très différent. On pourrait donc admettre ici que le nombre de loci intervenant pour conditionner la vigueur et n'appartenant pas au fond génique stable n'est pas très élevé : la probabilité d'en trouver la majeure partie dans la zone encore hétérozygote après 4 ou 5 générations d'autofécondation n'étant pas faible.

Ces allèles ne peuvent cependant pas se classer dans la catégorie des facteurs « fixables ». Ils interviennent donc pour conditionner la vigueur par leur état hétérozygote. Il faut noter d'ailleurs qu'il ne s'agit pas ici, de discuter des causes de l'hétérosis mais simplement dans un but pratique

de déterminer pour la vigueur d'un hybride la part qui revient à la dominance « fixable » par autofécondation (gènes majeurs et loci donnant des transgressions) et la part qui est due à la superdominance et à la dominance infixable.

D'après nos observations, ces deux derniers phénomènes semblent jouer un rôle prépondérant chez la Luzerne. La recherche d'une méthode rationnelle d'amélioration de cette espèce nécessitait donc la mise au point :

— d'une méthode de croisement permettant l'obtention d'un grand nombre d'hybrides (l'intensité d'expression des aptitudes à la combinaison individuelle étant imprévisible),

— d'un dispositif expérimental suffisamment précis pour permettre de discriminer les rendements d'hybrides sur un très petit nombre d'individus.

c) Techniques de réalisation.

Après quelques années de mise au point, nous utilisons maintenant une technique de croisement qui se rapproche très exactement de la pollinisation naturelle par les insectes. Nous avons pu vérifier que les croisements sans castration donnaient des descendances, avec un très faible nombre d'individus issus d'autofécondation si l'on a pris soin d'apporter un gros excès d'allopollen.

La réalisation d'un croisement fournissant de 50 à 100 graines hybrides nécessite environ une heure de travail.

A partir d'une centaine de graines par hybride, une technique d'essai doit permettre d'effectuer une élimination précise pour le rendement. Il serait pratiquement impossible en effet, de multiplier en isolement chaque F_1, pour en obtenir des graines F_2 en quantité suffisante pour mettre en place un essai classique.

Le dispositif expérimental qui permet à partir d'un très petit nombre de graines de déterminer la valeur des hybrides, comprend la succession d'opérations suivante :

— Semis en boîtes de Pétri permettant un contrôle des germinations et une scarification des graines dures (donc une perte de graines sensiblement nulle).

— Repiquage des graines dès que la radicule a atteint quelques millimètres. Cette opération très précoce présente le double intérêt d'éviter l'effet du repiquage qui se manifeste toujours si l'on attend un stade ultérieur et de permettre une implantation très régulière : chaque plante étant séparée de sa voisine de 10 centimètres, les effets de densité de semis très importants dans une culture normale de Luzerne sont ainsi pratiquement annulés.

— Les parcelles expérimentales sont constituées d'une ligne d'un

mètre de longueur, l'écartement entre les lignes étant de 0,20 m. La dimension des blocs étant très grande par rapport à celle des parcelles, nous devons contrôler l'hétérogénéité à l'intérieur du bloc. Dans ce but, nous réalisons un quadrillage du terrain à l'aide de la variété témoin pour laquelle le nombre de graines n'est pas limité. Nous pouvons analyser ainsi les gradients d'hétérogénéité dans toutes les directions et obtenir un abaissement notable de la plus petite différence significative entre variétés et témoin.

Le facteur limitant la précision d'un tel essai est la variabilité des hybrides eux-mêmes. D'après nos premiers résultats, il semble cependant qu'on puisse réaliser une discrimination satisfaisante à partir de 4 ou 5 répétitions de 10 plantes pour chaque F_1.

Pour l'instant, ces essais ne nous ont permis de tester que des hybrides simples. A partir de 1959, nous pourrons y inclure des F_2 et des hybrides doubles.

3° Stade de multiplication

A partir des 50 ou 100 individus d'une F_1 qui s'est très bien comportée dans les essais précédents, nous devons aboutir à une multiplication commerciale en conservant à la « variété » les qualités que nous essayons de lui conférer.

a) Evolution de la capacité de rendement au cours des multiplications

Nous avons vu que pour une plante autotétraploïde, le rendement de la F_1 n'atteint pas toujours le niveau maximum des possibilités du croisement. Plus précisément, les lignées qui auront subi une série d'autofécondations donneront des gamètes suffisamment homozygotes pour que l'état hétérozygote s'accroisse avec les générations de multiplication. La variété au stade commercial pourra donc avoir un rendement supérieur à celui de la première génération hybride.

Dans le cas où les lignées ne sont pas suffisamment homozygotes, le rendement maximum doit être atteint à la F_1. Il semble, d'après les résultats préliminaires de quelques essais où figuraient plusieurs générations de multiplication d'hybrides, qu'on se trouve souvent en pratique, dans des situations intermédiaires : la F_1, la F_2 et la F_3 fournissant des rendements qui ne diffèrent pas significativement.

Pour des caractères à hérédité plus simple (résistance au *Peronospora*, précocité, caractéristiques morphologiques) on peut rencontrer d'une génération à la suivante une évolution assez marquée.

Après chaque multiplication, on devra donc remettre les descendances dances en essai, ce qui permet au passage de choisir les meilleures pour la richesse en feuilles, la teneur en protéines, la résistance à la verse, les ren-

dements en graines et si les essais ont pu être entrepris dans diverses Stations, d'avoir une idée de la plasticité des types comparés.

b) L'homogénéité au cours des multiplications.

Nous n'avons encore à ce sujet que des résultats imprécis. Il est probable que, pour les gènes majeurs et à hérédité simple, l'homogénéité phénotypique restera comparable d'une génération à l'autre. L'équilibre, dans la population finale, s'établira en fonction des fréquences initiales des allèles. Par contre, pour les caractéristiques conditionnées par des facteurs polygéniques ou par la nature hétérozygote du phénotype on devrait s'attendre à un élargissement de la variance génétique, donc de la variance phénotypique.

c) Contrôle et conservation des variétés

Le contrôle morphologique des variétés de Luzerne est indispensable. Or, comme nous l'avons remarqué, les normes applicables ne sont valables que pour une génération bien définie. Ceci implique que le sélectionneur conserve constamment, par multiplication végétative (bouturage ou éclatement de touffes) le noyau initial des plantes mères.

D'autre part, cette base de départ, bien que multipliée végétativement, c'est-à-dire conservée génétiquement identique à elle-même est obligatoirement assez étroite ; elle laisse donc une prise assez considérable aux pressions de sélection naturelle, surtout au moment de la pollinisation. Pour limiter de tels risques, étant donné qu'il faut environ 4 ou 5 générations de multiplication à partir d'une F_1 pour obtenir le volume de semence nécessaire à la commercialisation, il semble possible de considérer la troisième génération de multiplication obtenue une fois pour toutes comme base de départ. Cette F_3 avec notre méthode de travail, devrait être représentée par 100 kg environ de graines qui, conservées dans les meilleures conditions peuvent donner naissance chaque année et pendant 20 ans à une culture de départ d'un hectare. Quelles que soient les conditions climatiques, les répétitions de cette culture seraient identiques. Il ne resterait plus alors qu'à contrôler de façon précise les deux générations ultérieures.

RÉSUMÉ

La méthode de sélection des Luzernes utilisée à la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles présente les aspects particuliers suivants :

1° Elle utilise la consanguinité et fait jouer des effets de dominance pour des gènes majeurs et une partie des facteurs polygéniques.

2° Les techniques de croisement et d'essai mises au point permettent

de fabriquer un très grand nombre d'hybrides et de prospecter au mieux les aptitudes individuelles à la combinaison.

3° La méthode tient compte des modalités spéciales de manifestation de l'hétérosis chez les autotétraploïdes et de l'évolution au cours des générations de multiplication.

L'obtention d'une variété nécessite environ 12 à 15 années de travail. Les premiers résultats définitifs sur la valeur de cette méthode ne seront connus que dans 5 ou 6 ans, mais il semble d'après les résultats préliminaires qu'on puisse en attendre un accroissement notable des rendements.

SUMMARY

New features in lucerne breeding at the Plant Breeding Station of Versailles.

The methods used for breeding lucerne at the Station Centrale d'Amélioration des Plantes in Versailles, have the following characteristics :

1° Dominant major genes and some polygenic factors are used by means of inbreeding.

2° The methods of crossing and trial enable a large number of hybrids to be formed, and the detection of the best specific combining ability.

3° They deal with the particular aspects of heterosis in autopolyploids and the evolutionary process in the successive generations.

About 12 or 15 years are needed to achieve a new variety with this programme. The first results will be known within 5 or 6 years but preliminary data show that it should lead to increased yields.

РЕЗЮМЕ

Главные видимости селекции люцерн в Версале.

И. ДЕМАРЛИ.

Метод селекции люцерн, использованный на Станции Мелиорации растений в Версале, представляет следующие особенные виды :

1. Он использует крове-смешение и дает роль эффекту доминирования для главных генов и для части полигенных факторов.

2. Техники скрещивания и опыта уточнения позволяют производить большое количество гибридов и исследовать, наилучшим способом, индивидуальные способности к комбинированию.

3. Метод учитывает специальные проявления гетерозиса у автотетраплоидных и эволюцию в генерациях размножения.

Получение одного сорта, требует, приблизительно 12-15 лет работы. Первые, окончательные результаты на ценность этого метода будут известны через 5-6 лет, но, кажется, по предварительным результатам, что, можно ждать, значительнаго повышения урожаев.

ZUSAMMENFASSUNG

Hauptaussichte der Luzernezüchtung im Institut für Pflanzenzüchtung in Versailles.

Die an der « Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles », für die Luzerne benutzte Selektionsmethode weist folgende Besonderheiten auf:

1° Sie benutzt Inzucht und Dominanzeffekte für major Gene und einer Teil der polygenetischen Faktoren.

2° Die bei den Kreuzungen und Versuchen benutzte Technik gestattet eine sehr grosse Anzahl von Hybriden zu erhalten und auf das Beste die individuelle Eignung jeder Kombination vorauszusehen.

3° Die Methode trägt Wert auf die spezielle Beschaffenheit der Aüsserung der Heterosis bei den autotetraploiden Pflanzen und auf die Anderungen der Hybriden im Verlauf auf einander folgenden Generationen.

Um eine Sorte zu erhalten dauert es ungefähr von 12-15 Jahren. Die ersten entscheidenden Resultate über der Wert dieser Methode werden erst in 5 bis 6 Jahren bekannt sein, aber nach den vorlaüfigen Ergebnissen scheint es dass man von ihr eine bemerkenswerte Steigerung des Ertrages bewarten kann.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anderson (V. L.) and Kempthorne (O.). — A model for the study of quantitative inheritance. *Genetics*, XXXIX, **6**, 883-898, 1954.

Atwood (S. S.) and Grun (P.). — Cytogenetics of alfalfa. *Bibliogr. Genetica*, XIV, 133-188, 1951.

Demarly (Y.). — Utilisation de l'inbreeding dans la sélection des plantes fourragères. *Conf. Europ. Herbages*, 96-102, 1954.

Demarly (Y.).— Observations sur la pollinisation de la luzerne.*Conférence Intern. sur l'Utilisation de l'Energie Atomique à des Fins Pacifiques.* A Conf. 8 P 382, 1955.

Demarly (Y.). — Étude de l'hérédité de la bigarrure de la fleur chez la Luzerne. *Ann. Amel. Plantes*, **1**, 5-20, 1954.

Grauman (H. O.). — The polycross method of breeding in relation to synthetic varieties and recurrent selection of new clones. *6th Intern. Grassl. Congress*, 314-319, 1952.

Hayman (B. I.). — Interaction, heterosis and diallel crosses. *Genetics* **42**, 3, 336-355, 1957.

Henderson (C. R.). — Specific and general combining ability. *Heterosis* (GOWEN), 352-370, 1952.

Hutin (C.). — Évolution des souches au cours des générations de multiplication. *Conf. Europ. Herbages*, 107-110, 1954.

Jinks (J. L.). — The genetical basis of heterosis. *Maize Genetics, News Letter*, **28**, 47-50, 1954.

Johnson (I. J.). — Effectiveness of recurrent selection for general combining ability in sweet clover, *Melilotus officinalis*. *Agron. J.*, **49**, 9, 476-481, 1952.

Kinman (M. L.) and Sprague (G. F.). — Relation between number of parental lines and theoretical performance of synthetic varieties of corn. *J. Amer. Soc. Agron.*, **37**, 341-351, 1945.

Lesins (K.). — Note on pollination conditions as a possible source of variation in alfalfa forage yields. *Can. J. Plant Sci.*, **37**, 174-175, 1957.

Picard (J.). — Observations sur les méthodes d'appréciation de la valeur des plantes ou des lignées destinées à la création de souches. *Conf. Europ. Herbages*, 92-94, 1954.

Tysdal (H. M.), Kiesselbach (T. A.) and Westover (H. L.). — Alfalfa breeding. College of Agric., Univ. of Nebraska, *Research Bull.*, 124, 1942.

Wexelsen (H.). — The use of inbreeding in forage crops. *6th Intern. Grassl. Cong.*, 299-305, 1952.

LA FÉVEROLE

PAR

J. PICARD et **P. BERTHELEM**

Station d'Amélioration des Plantes, Dijon

Station d'Amélioration des Plantes, Rennes

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **La féverole grain.**
- A. — Féveroles de printemps.
  - 1. Choix des variétés.
  - 2. Techniques culturales.
- B. — Féveroles d'hiver.
- C. — Féveroles ou pois ?

II. — **La féverole fourrage.**
- A. — Féveroles de printemps.
  - 1. Détermination de la date optimum de récolte.
  - 2. Choix des variétés en culture pure.
    - *a*) Rendement.
    - *b*) Évolution de la teneur en matières sèches.
    - *c*) Évolution de la teneur en matières protéiques.
    - *d*) Évolution de la teneur en glucides solubles.
  - 3. Association à d'autres légumineuses.
- B. — Féveroles d'hiver.

L'espèce *Vicia faba* présente une grande variabilité : taille du grain (de 20 à 200 grammes pour 100 grains), forme et coloration du grain, hauteur des plantes, port, précocité de floraison et de maturité.

Divers auteurs ont utilisé le poids des grains comme critère principal de classification distinguant trois grands groupes eux-mêmes plus ou moins subdivisés :

Vicia faba minor Beck.

Vicia faba equina Pers.

Vicia faba major Harz.

On peut cependant considérer que le dernier comprend uniquement la fève tandis que dans les deux premiers figurent les féveroles dont le poids de 100 grains est toujours inférieur à 90 -100 grammes

I. — LA FÉVEROLE-GRAIN

Les résultats relatifs à la culture de la féverole ont donné lieu à plusieurs publications. Nous nous bornerons à en résumer les conclusions en insistant sur l'importance des différents facteurs du rendement et sur leur mode d'action en fonction des variétés et de différentes techniques culturales, puis à examiner rapidement l'intérêt possible des pois pour la production de graines.

A. — Féveroles de printemps.

1. **Choix des variétés.** — L'examen des résultats des essais effectués depuis 5 ans et l'étude des facteurs du rendement (peuplement, nombre de gousses par plante, nombre de graines par gousse, poids de 100 grains) réalisée pour certains essais de variétés ou de techniques culturales fournissent des données précieuses quant au choix des variétés.

L'étude de la régression multiple rendement-facteurs du rendement nous montre que le poids des grains joue le rôle prépondérant. Le tableau I donne la valeur et la signification des coefficients de la régression multiple rendement — peuplement (b1) — nombre de gousses par plante (b2) — nombre de graines par gousse (b3) — poids de 100 grains (b4). Dans les deux types d'essais étudiés (groupant 8 variétés cultivées à une même densité, ou destinés à analyser l'effet des facteurs variétés, écartements et densités par unité de surface), d'autres coefficients de régression sont significativement différents de zéro, mais le rendement n'est lié à aucun autre facteur plus étroitement qu'au poids des grains.

Les valeurs les plus élevées du test *t* sont relatives à b4.

Tableau I

Nature et année de l'essai	b_1			b_2		
	Valeur	t	Probabilité	Valeur	t	Probabilité
Variétés 1953.....				26,1	1,88	$0{,}10 > P > 0{,}05$
Variétés 1953.....				103,6	6,05	$< 0{,}001$
Peuplement 1954.....	14,2	4,17	$< 0{,}001$	22,2	1,10	$\# 0{,}30$
Peuplement 1955.....	9,3	2,85	$\# 0{,}01$	52,5	1,84	$0{,}10 > P > 0{,}05$
Peuplement 1956.....	2,1	1,33	$\# 0{,}20$	17,7	3,16	$0{,}01 > P > 0{,}001$

Nature et année de l'essai	b_3			b_4		
	Valeur	t	Probabilité	Valeur	t	Probabilité
Variétés 1953.....	83,8	0,50	$0{,}70 > P > 0{,}50$	10,5	3,12	$< 0{,}01$
Variétés 1953.....	—340,9	2,75	$\# 0{,}01$	17,2	8,91	$< 0{,}001$
Peuplement 1954.....	765,6	3,64	$\# 0{,}001$	21,1	4,78	$< 0{,}001$
Peuplement 1955.....	— 51,2	0,37	$0{,}80 > P > 0{,}70$	10,4	3,99	$< 0{,}001$
Peuplement 1956.....	129,0	1,14	$0{,}30 > P > 0{,}20$	15,3	7,35	$< 0{,}001$

Le poids de 100 grains est, pour une variété donnée, le plus stable des trois facteurs du rendement (tableau II) : il varie peu lorsque l'on modifie les conditions d'établissement de la culture (densité de semis, écartement des lignes, date de semis) et paraît peu affecté même par les conditions climatiques. Comme, par ailleurs sa gamme de variation est très étendue, à l'intérieur de l'espèce, on en déduit qu'il faut lui attribuer une importance primordiale lors du choix d'une variété à cultiver.

TABLEAU II

Rapport des variances	Poids de 100 grains	Nombre de gousses par plante	Nombre de graines par gousse
Variété/Erreur	889,6	83,856	0,0229
Variété/Ecartement	1779,2	115,58	0,04225
Variété/Peuplement	566,9	0,3207	0,001516
Peuplement/Erreur	0,8984	289,08	6,1651
Ecartement/Erreur	0,2862	0,8042	0,22118

Les résultats des différents essais confirment cette idée. Il faut toutefois reconnaître que « poids élevé des grains » est souvent lié à des caractéristiques intéressantes, telles que précocité, faible degré de ramification, dont l'effet spécifique ne peut être disjoint lors de l'étude statistique des résultats.

Le tableau III indique les rendements relatifs fournis par les principales variétés ; la supériorité de la variété allemande *Strube* y apparaît : elle se classe en tête dans 11 essais sur 15, suivie de *Columba*, *Picardie* et *Ascott*. Les populations de *Lorraine* et d'*Afrique du Nord*, la variété hollandaise *Niki* ont un rendement inférieur et plus irrégulier.

2. **Techniques culturales.** — L'effet de la date de semis et du peuplement sur le rendement a été étudié dans une série d'essais dont les résultats ont déjà été publiés. Les conclusions principales sont les suivantes :

Un semis précoce réalisé sur labour d'hiver profond, après apport d'une forte fumure organique, permet à la féverole, plante particulièrement exigeante en eau, d'échapper aux déficits d'alimentation dout la répercussion sur le rendement peut être considérable.

En corollaire, on peut déduire qu'une variété supporte d'autant mieux un semis retardé qu'elle est plus précoce.

Le rendement s'accroît quand le nombre de plantes par unité de surface s'accroît.

Pour des écartements de 0,20 m et 0,40 m, le rendement est pratiquement indépendant de l'écartement et fonction uniquement du peuplement.

Il semble que des cultures établies à une densité de 80 plantes au m^2 ne soient pas encore capables de fournir les rendements maxima. Les possibilités matérielles de réalisation du semis et surtout la rentabilité d'utilisation des semences imposent les limites minimum suivantes aux

Tableau III

	Région Parisienne						Région Est					Région Ouest				
	Ferme expérimentale La Minière			Station Centrale		E. N. A. Grignon	Station de Dijon			Courcelles-Chaussy		Station de Rennes				
	1953	1954	1956	1954	1955	1953	1953	1954	1956	1955	1956	1952	1953	1954	1955	1956
Strube	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Columba	70,4	123,5	101,1	140,8	86,6	90,5	95,6	129,2	79,6	98,1	85,7		86,6	77,0	59,3	69,2
Ascott			105,6	129,1	76,5				89,4	89,1	109,4		79,2	89,6	55,4	75,2
Niki	61,8	94,0		89,5		61,5	87,5	108,4			93,9	34,6		69,8		
Picardie	74,0	138,6		149,5	84,7		81,7	120,9			113,2	58,0	93,4	87,7	58,2	
Lorraine	43,0	115,2		135,7	43,3	85,0	27,1	100,1		46,7			77,0	74,6		
Afrique du Nord	57,8	83,0			74,2	78,0	44,7	90,0					54,4	69,5		
Rendement Strube (Qx/ha)	38,5	19,3	24,8	23,3	31,1	30,8	43,8	29,5	41,3	36,2	26,2	23,1	69,6	51,3	29,8	15,75
Différence significative	9,4 %	2,5 %	9,85 %	N.S.	11,2 %	N.S.	12,5 %	16,5 %	5,9 %	3,4 %	14,4 %	—	7,4 %	5,8 %	6,2 %	13,1 %

Tableau IV

Date de semis	Gousses par plante		Graines par gousse		Poids de 100 grains	
	Strube	Columba	Strube	Columba	Strube	Columba
11 mars	7,55	10,5	2,77	2,81	56,9	38,5
1er avril	7,10	7,7	3,04	2,93	62,6	37,3
22 avril	6,25	5,8	2,89	2,92	58,5	29,9
12 mai	2,95	1,75	2,65	2,38	36,0	24,8
Différence significative	1,19		0,275		4,2	

densités d'établissement : 40 à 50 plantes/m² pour les variétés à gros grain et 50 à 60 plantes/m² pour les variétés à petit grain.

Le recul de la date de semis a comme effets principaux une faible diminution du nombre de grains par gousse et une diminution considérable du nombre de gousses par plante. Le poids de 100 grains est lui aussi affecté de façon sensible. *Columba*, variété demi-tardive réagit beaucoup plus que *Strube*, variété précoce. Le tableau IV donne les résultats d'un essai établi en 1953 et destiné à préciser l'importance de ces modifications. Ajoutons que pucerons et rouille dont l'attaque est surtout grave sur les semis tardifs accentuent les différences observées.

Des prélèvements effectués dans trois essais du type factoriel où figuraient deux variétés assez différentes *Strube* et *Columba*, semées à deux écartements 0,20 m et 0,40 m et à quatre densités, 20, 40, 60, 80 plantes/m² mettent en évidence l'action des trois causes principales de variation sur les trois composantes du rendement (années 1954, 1955, 1956).

Ecartement des lignes : aucune action significative.

Variétés : action significative, au cours des trois années, sur le poids de 100 grains et le nombre de gousses par plante ; *Columba* réagit de manière beaucoup plus marquée.

Densités : action significative, au cours des trois années, sur le nombre de gousses par plante et le nombre de grains par gousse.

Une augmentation de la densité de semis se traduit (tableau V) par :

— une diminution d'environ 50 p. 100 du nombre moyen de tiges par plante, qui normalement est plus élevé chez *Columba* ;

— une élévation du niveau d'insertion des premières gousses (numéro d'ordre du nœud portant la gousse et hauteur à laquelle se trouve ce nœud par suite de l'élongation des entrenœuds) ;

— une très faible modification du poids des grains ;

— une légère diminution du nombre de grains par gousse ;

— une très forte diminution du nombre de gousses par plante.

La baisse de production enregistrée sur chaque individu lorsque la culture est dense est largement contrebalancée par l'accroissement du nombre de plantes à l'unité de surface, si bien que les rendements sont, en définitive plus élevés. Ceci a déjà été précisé dans différentes publications.

La relation existant entre le rendement et la densité de peuplement n'a pu être estimée de façon rigoureuse ; d'après les résultats de trois essais dont nous disposons, où les peuplements variaient de 20 à 80 plantes par mètre carré, le rendement semble s'accroître proportionnellement au logarithme du nombre de plantes à l'unité de surface (fig. 1). L'analyse de la variance nous montre en effet que la régression rendement-logarithme du peuplement rend compte d'une fraction plus grande de

Tableau V

Densité Plantes/m²	Gousses par plante			Graines par gousse			Poids de 100 grains Valeur relative			Tiges par plante		Nœuds stériles		Hauteur d'insertion de la 1re gousse	
	1954	1955	1956	1954	1955	1956	1954	1955	1956	1954	1956 (1)	1954	1955	1954	1955
20	12,97	9,65	18,13	2,77	3,08	2,66	100	100	100	1,858	1,685	7,20	6,44	35,5	41,45
40	7,43	6,12	10,64	2,72	2,97	2,63	97,3	103,1	101,4	1,399	1,300	7,43	7,00	42,7	55,45
60	5,79	4,39	7,10	2,59	2,91	2,74	96,2	104,7	103,9	1,204	1,185	7,53	7,57	49,9	61,45
80	4,53	3,54	5,40	2,48	2,81	2,66	98,7	104,6	104,1	1,127	1,050	7,74	7,91	53,2	65,70
Différence significative	2,60	0,51	1,39	0,28	0,14	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0,149					

(1) Columba seule.

Tableau VI

Variétés	Rendements	Plantes/m²	Début floraison	Récolte
Féverole Strube	100	40,5	23/5	18/8
Féverole Columba	*77,6*	47,5	5/6	30/8
Pois Servo	92,3	94,5	28/5	26/7
Pois Unica	*87,8*	87,5	29/5	—
Pois Rondo	*87,6*	75	27/5	—
Pois Crista	*25,25*	67	14/6	13/8

Plus petite différence significative : 8,9 %.

la variation de rendement due aux densités que ne le fait la régression calculée à l'aide des valeurs directes, ceci dans deux essais sur trois (Versailles 1954 — Bersée 1955). Dans le troisième essai, les deux types de régression fournissent des indications dont la probabilité d'ajustement est comparable.

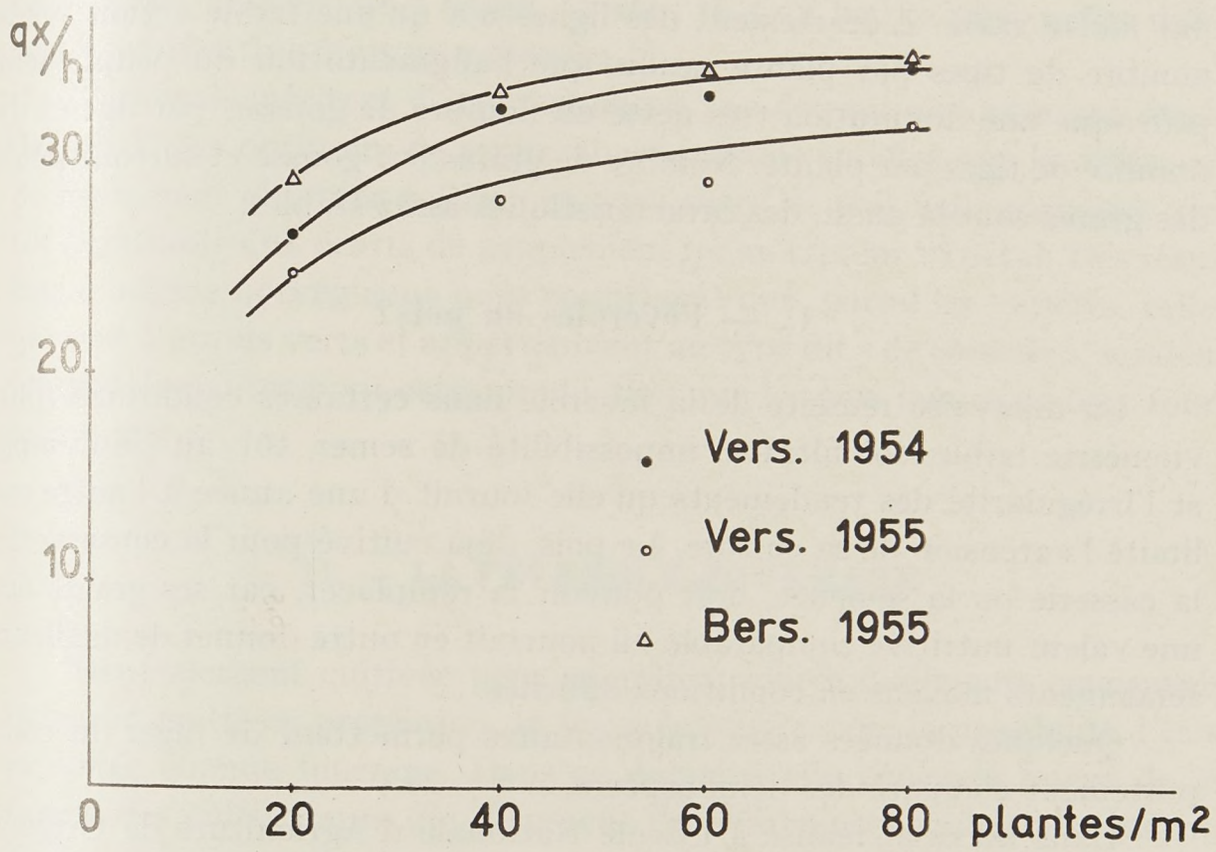


Fig. 1.

La féverole de printemps ne peut assurément pas être cultivée avec profit dans toutes les conditions mais le choix des variétés et l'adoption de techniques culturales satisfaisantes permettent d'en tirer le meilleur parti possible.

B. — Féveroles d'hiver.

L'utilisation en semis d'automne des variétés de printemps (seuil de résistance au froid — 5° à — 6°), de féveroles d'hiver de Côte d'Or (seuil de résistance au froid — 14° à — 16°) ou encore de types intermédiaires de Vendée ou du Sud-Ouest offre une possibilité d'extension de la culture.

La féverole de Côte-d'Or étant le seul type suffisamment résistant au froid, il ne peut être question du choix des variétés. Type à grain petit, à tallage abondant, la féverole d'hiver n'est pas une plante d'hiver au sens strict (céréales par exemple). Semée au printemps, elle peut, bien que très tardive, effectuer son développement complet.

Fleurissant trois semaines plus tôt environ que les variétés précoces de printemps, elle échappe dans une large mesure à l'attaque des pucerons

et à l'action de la sécheresse. Cela ne lui suffit pas toujours à combler le handicap d'une productivité assez faible par rapport à celle des types de printemps.

Une étude anglaise, réalisée à Oxford par HODGSON et BLACKMAN, montre que l'écartement des lignes est sans effet sensible sur le rendement qui passerait par un maximum pour un peuplement de 35 à 45 plantes par mètre carré. L'écartement des lignes n'a qu'une faible action sur le nombre de tiges par plante tandis que l'augmentation du peuplement provoque une diminution très nette du nombre de gousses par tige et du nombre de tiges par plante. Nombre de grains par gousse et surtout poids des grains sont là aussi, des caractéristiques assez stables.

C. — Féveroles ou pois?

La mauvaise réussite de la féverole dans certaines conditions (pluviométrie faible, sol filtrant, impossibilité de semer tôt au printemps) et l'irrégularité des rendements qu'elle fournit d'une année à l'autre ont limité l'extension de sa culture. Le pois, déjà cultivé pour la conserverie, la casserie ou la semence, doit pouvoir la remplacer, car ses grains ont une valeur nutritive comparable ; il pourrait en outre donner de meilleurs rendements moyens en conditions difficiles.

Quelques données assez fragmentaires permettent de juger du comportement comparé des deux espèces.

Dans un essai réalisé à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon en 1954 (printemps sec, sol perméable) les pois fourragers *Norda* et *Crista* cultivés seuls avaient un rendement voisin de celui de la féverole *Strube* et supérieur à ceux d'*Ascott* et de *Columba*.

A Rennes en 1955, année exceptionnellement sèche pour l'Ouest, *Strube* (38 plantes/m²) et *Norda* cultivé en mélange avec l'avoine *Espoir* (60 plantes de pois et 120 plantes d'avoine) ont donné un rendement comparable, supérieur de 37 p. 100 à celui du mélange *Crista-Pégase* et de 41 p. 100 à celui de *Columba* cultivée seule. Trois des quatre associations féveroles-pois (25 plantes de féveroles, 60 plantes de pois) ont fourni des rendements significativement supérieurs à ceux des cultures pures des féveroles correspondantes bien que les rythmes végétatifs des composants n'aient pas toujours été très concordants.

Dans un essai en culture pure réalisé à la Station d'Amélioration des Plantes de Dijon en 1956 (tableau VI) les variétés hollandaises de pois de casserie à gros grain (25 à 30 grammes aux 100 grains) ont fourni d'excellents rendements. Celui de la variété *Crista*, à tige beaucoup plus longue et plus souple a été diminué par une verse précoce. L'année ayant été particulièrement favorable à la féverole (*Strube* : 38,7 qx/ha de grain à 16 p. 100 d'humidité), il est permis de se demander dans quelle mesure,

en année ou conditions plus sèches, le rendement de ces pois très précoces et à tige très courte ne dépasserait pas celui des meilleures féveroles.

Un essai effectué en 1956 à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon, où diverses variétés avaient été semées à une densité uniforme de 80 plantes/m² a fourni les résultats suivants : *Rondo* : 32,1 qx/ha, *Norda* : 28,9 qx/ha, *Parvus* : 28,5 qx/ha, *Crista* : 16,5 qx/ha. La plus petite différence significative était de 6,2 qx/ha.

Ces essais méritent d'être poursuivis ; on devrait y ajouter une étude des méthodes optimum de semis. Il est possible en effet que la différence de rendement observée à Dijon en 1956 entre les pois hollandais soit plutôt imputable aux écarts de peuplement qu'au facteur variétal. Des résultats d'origine norvégienne nous confirment que, parmi les variétés, celles qui sont à grains verts et appartiennent au type dit « de casserie », seraient plus intéressantes pour cette production que les pois jaunes ou les « fourragers gris ».

II. — LA FÉVEROLE-FOURRAGE

Généralement cultivée pour sa graine, source d'aliments concentrés riches en matières protéiques, la féverole offre encore la possibilité d'être exploitée comme fourrage. Dans ce domaine elle bénéficie moins de la faveur des cultivateurs qui disposent de nombreuses autres plantes annuelles (en particulier les vesces et les pois), tandis que pour la production sur place d'aliments concentrés riches en azote leur choix est beaucoup plus restreint.

Il nous a paru, cependant, nécessaire d'entreprendre l'étude de l'utilisation fourragère de la féverole étant donné les possibilités de production de cette plante et la valeur nutritive du fourrage qu'elle fournit.

Les principaux problèmes abordés à ce sujet sont les suivants :

— *Détermination de la date optimum de récolte* soit pour l'alimentation en vert du bétail, soit pour l'ensilage.

— *Choix des variétés* en fonction de leurs rendements, de leur valeur nutritive ainsi que de leur rythme de développement.

— *Utilisation de la féverole comme plante-support* d'autres légumineuses fourragères (vesces-pois).

Ces études sont entreprises depuis 1951 dans les Stations d'Amélioration des Plantes de Versailles et de Rennes pour les variétés de printemps. En ce qui concerne la féverole d'hiver, les essais ont été réalisés à Rennes à partir de 1954. Nous envisagerons tout d'abord les résultats obtenus en culture de printemps.

A. — Féveroles de printemps.

1. Détermination de la date optimum de récolte.

La détermination de la date optimum de récolte a fait l'objet de travaux à la Station Centrale de Versailles. Ceux-ci ont porté sur l'évolution des teneurs en matière sèche et en matières protéiques brutes dans les organes aériens de la plante, depuis le début de la floraison jusqu'à la maturité complète.

TABLEAU VII

Évolution des teneurs en matière sèche et en matières protéiques brutes pour la plante entière.

Station Centrale d'Amélioration des Plantes Versailles

Dates du prélèvement de l'échantillon	Stade correspondant	MS/MV	MP/MS	MP/MV
7 Juin	début floraison	9,5	21,4	2,0
18 Juin	1ères gousses formées	10,4	18,6	1,9
28 Juin		12,8	14,0	1,8
7 Juillet		14,4	11,6	1,7
18 Juillet	fin floraison	16,1	14,8	2,4
28 Juillet		17,8	15,6	2,8
8 Août	1ères gousses mûres	24,1	19,2	4,6
18 Août		48,6	20,8	10,0
29 Août	Maturité complète	67,4	21,0	14,0

MS/MV = matière sèche en % de la matière verte.
MP/MS = matières protéiques brutes en % de la matière sèche.
MP/MV = matières protéiques brutes en % de la matière verte.

Au point de vue pratique, il est intéressant de connaître le rendement en matière sèche et en protéines. Ces rendements s'accroissent de façon très importante au début de la floraison jusqu'à la fin de cette période puis beaucoup plus lentement par la suite. A partir de ce moment, les phénomènes physiologiques sont essentiellement limités à des pertes d'eau, surtout importantes à partir de la maturité des gousses du bas de la tige, et à des migrations de réserves.

Le moment optimum de récolte se situe donc entre la fin de la floraison et le début de la maturité des gousses de la base. En pratique, pour l'utilisation en fourrage frais, la récolte pourra commencer un peu avant la fin floraison alors que les tiges, qui sont généralement mal acceptées par le bétail, ne sont pas encore trop lignifiées. La récolte pour ensilage se fera lorsque les grains des gousses de la base de la tige seront bien formés.

2. Choix des variétés en culture pure.

a) Rendement

Le choix des variétés a porté uniquement sur des féveroles à grains petits à moyens, ceci afin de réduire au minimum les frais d'ensemence-

ment de cette culture. Des variétés mises en comportement au début de l'expérimentation, seules ont été retenues pour l'étude comparative de rendement des deux variétés françaises *Ascott* et *Columba*, la variété hollandaise *Niki* et la *population de Lorraine*. Ces quatre variétés ont été comparées par la méthode du split-plot ; les dates de récolte du fourrage frais et du fourrage pour ensilage correspondaient aux stades de développement déterminés dans le chapitre précédent.

TABLEAU VIII

Essai comparatif de variétés de Féveroles de printemps en vue de leur production fourragère.

Station d'Amélioraiion des Plantes de Rennes

Variétés	Fourrage vert T/ha		Fourrage sec T/ha		Matières protéïques brutes kg/ha
	1954	1955	1954	1955	1955
Ascott vert	33,96	40,52	4,82	5,30	928
Ascott ensilage	42,25	36,07	7,62	6,02	1058
Lorraine vert	34,93	38,27	4,94	5,25	940
Lorraine ensilage	40,25	29,77	8,40	5,72	972
Columba vert	35,36	38,61	4,56	5,01	922
Columba ensilage	38,81	28,04	7,68	5,43	939
Niki vert	33,05	36,17	3,98	4,63	826
Niki ensilage	35,56	23,30	6,75	4,49	799
d*	2,50	1,87	0,33	0,4	
d'	4,42		0,86		

d* = plus petite différence significative, concernant pour 1955 l'ensemble des résultats et pour 1954 les résultats obtenus par le fourrage pour utilisation en vert.
d' = s'appliquant aux résultats relatifs au fourrage pour ensiler.

L'essai de 1954 a été réalisé le 30 mars et malgré une densité de semis trop faible (50 plantes au m²) il a donné des rendements satisfaisants grâce à un été suffisamment humide. La population de *Lorraine* et les variétés *Ascott* et *Columba* ont des rendements comparables tant en fourrage frais qu'en fourrage pour ensilage lorsque ceux-ci sont exprimés en matière verte.

Les rendements en matière sèche font apparaître une légère supériorité de la population de *Lorraine*, tandis que *Niki* accuse une productivité nettement inférieure.

D'autre part, l'accroissement du rendement en matière sèche entre la première récolte et la deuxième est très important, allant de 40 à 70 p. 100 pour une période variant de 13 à 17 jours. Cet accroissement s'explique non seulement par la poursuite de la végétation jusqu'à la fin de la floraison mais, surtout par l'augmentation considérable de la teneur en matière sèche qui passe de 12-14 p. 100 à 18-22 p. 100 pendant ce même laps de temps (cf. tableau IX).

En 1955, l'expérimentation a été poursuivie avec les mêmes variétés ;

mais, afin de déterminer la densité optimum de semis, les cultures destinées à la récolte en fourrage frais ont été semées le 22 mars à raison de 80 plantes au m², tandis que pour la production de fourrage pour ensilage la densité de semis n'était que de 60 plantes au m².

TABLEAU IX

Analyse de la matière sèche

Station d'Amélioration des Plantes de Rennes

	Participation % à la Mat. Sèche totale des						% Mat. Sèche plante entière	
	Tiges		Feuilles		Gousses			
	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955
Ascott vert	54	51	38	49	8		14,2	12,8
Ascott ensilage	48	45	24	28	28	27	18,0	16,8
Lorraine vert	62	53	37	47	1		14,2	13,7
Lorraine ensilage	57	49	20	24	23	27	20,9	19,3
Columba vert	62	49	36	51	2		12,9	13,0
Columba ensilage	44	44	19	22	37	34	19,8	19,5
Niki vert	60	49	40	51	0		12,1	12,8
Niki ensilage	45	42	19	17	36	41	19,0	19,5

L'année ayant été particulièrement sèche, cette différence de peuplement a eu une grosse répercussion sur les rendements, masquant l'accroissement de production de fourrage vert entre la récolte en vert et la récolte pour ensilage. Cependant, malgré ce fait, les rendements en fourrage sec furent légèrement supérieurs lors de la deuxième récolte par suite de l'augmentation de la teneur en matière sèche dont les pourcentages passèrent de 13-14 p. 100 à 17-19 p. 100.

Cet essai confirme le précédent en soulignant le mauvais comportement de *Niki*, ainsi que l'avantage que la variété *Ascott* retire de sa précocité lorsque les conditions climatiques sont défavorables.

D'autre part, du point de vue densité de semis, il permet de penser qu'il ne faut pas descendre au-dessous de 70-80 plantes au mètre carré pour obtenir un rendement convenable, ce qui correspond à des doses de 280 à 320 kg de semences à l'hectare.

b) ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE

L'analyse de la matière sèche ne fait pas apparaître de grosses différences entre variétés. En ce qui concerne la plante entière, les variations sont davantage imputables à de légères différences dans les stades de développement au moment de la récolte qu'à une influence variétale.

La participation de chaque organe aérien à la matière sèche totale de la plante indique que les tiges interviennent légèrement plus que les feuilles dans la matière sèche d'un fourrage à consommer frais. Au mo-

ment de la récolte pour ensilage, si la participation des feuilles a beaucoup diminué (de 40-50 p. 100 à 20-25 p. 100) par suite notamment de la chute de celles qui sont situées à la base de la tige, la participation des gousses passe de 0 à 30-40 p. 100, les tiges ayant comparativement moins d'importance que dans le fourrage frais puisque leur participation baisse de 54-67 p. 100 à 44-57 p. 100.

C. Évolution de la teneur en matières protéiques

L'analyse de la matière azotée (exprimée en matières protéiques brutes) ne permet pas non plus de faire une discrimination entre les variétés surtout lorsque les matières protéiques brutes sont exprimées en fonction de la matière sèche. Cependant, le fourrage pour ensilage produit par la variété *Ascott* possède moins d'azote dans la matière verte que celui des autres variétés. Ce fait est peut-être imputable à une récolte un peu trop précoce de cette variété.

L'influence de la date de récolte sur la teneur du fourrage en azote est également soulignée lorsque celle-ci est exprimée en pourcentage de la matière verte : le fourrage pour ensilage possède une teneur en azote plus forte que le fourrage à consommer en vert, les taux correspondants étant respectivement de 2,94-3,54 p. 100 et 2,28-2,40 p. 100.

En ce qui concerne la participation des différents organes aériens à la matière azotée totale des faits très intéressants peuvent être soulignés.

Tableau X

Analyse des matières protéiques brutes et des glucides solubles.

Station d'Amélioration des Plantes de Rennes 1955

	Matières protéiques brutes					Glucides solubles				
	Pourcentage de répartition			Teneur % p. la plante entière		Pourcentage de répartition			Teneur % p. la plante entière	
	Tiges	Feuilles	Gousses	MP/MS	MP/MV	Tiges	Feuilles	Gousses	GS/MV	GS/MS
Ascott vert	26	74		17,8	2,28	37	63		6,43	0,83
Ascott ensilage	21	33	46	17,5	2,94	55	28	17	8,03	1,35
Lorraine vert	28	72		17,9	2,46	41	59		7,46	0,91
Lorraine ensilage	22	30	48	16,9	3,24	57	25	18	8,87	1,71
Columba vert	24	76		18,4	2,40	39	61		6,72	0,87
Columba ensilage	18	23	59	17,3	3,36	54	26	20	7,17	1,40
Niki vert	25	75		17,6	2,28	40	60		7,46	0,96
Niki ensilage	16	19	65	17,6	3,54	54	23	23	7,17	1,40

Pour le fourrage à consommer en vert, l'azote total contenu dans la plante se trouve surtout dans le feuillage puisque ce dernier intervient

pour environ 75 p. 100. Les tiges, qui sont généralement mal acceptées par le bétail, n'en représentent que 25 p. 100 et leur refus ne constitue donc pas une perte importante en aliments azotés.

Dans le fourrage pour ensilage, la plus grande partie de l'azote se trouve dans les gousses (46 à 59 p. 100) dont la teneur en matières protéiques brutes est d'environ 30 p. 100 de la matière sèche. Les tiges et surtout les feuilles interviennent proportionnellement beaucoup moins que dans le fourrage vert. Ces faits s'expliquent par la chute des feuilles et surtout par la migration des réserves vers les gousses. Cette migration est mise en évidence par la diminution dans les autres organes aériens de la plante de la teneur en matières protéiques brutes. Pour les tiges, celle-ci était de 9 p. 100 à la première récolte, elle n'est plus que de 6,84-7,98 p. 100 à la seconde, tandis que celle des feuilles passe de 25,74-27,96 à 18,54-21,24 p. 100 de la matière verte.

D) Évolution de la teneur en glucides solubles

Afin de préciser la valeur alimentaire du fourrage de féverole et ses possibilités d'ensilage, des analyses portant sur les glucides solubles ont été effectuées. Un seul échantillon ayant été prélevé par traitement les résultats sont moins précis que ceux relatifs à la matière azotée.

Le fourrage pour ensilage en contient beaucoup plus que le fourrage à consommer en vert puisque les teneurs en glucides solubles passent de 6,43-7,46 p. 100 à 7,17-8,87 p. 100 de la matière sèche et de 0,83-0,96 p. 100 à 1,35-1,71 p. 100 de la matière verte.

La teneur des feuilles qui est de 8,03-8,70 p. 100 de la matière sèche pour le fourrage vert n'augmente que très légèrement jusqu'à la deuxième récolte (8,07-9,45 p. 100). Par contre, les tiges sont le siège d'une accumulation importante de glucides solubles puisque leur teneur passe de 4,72-6,16 à 8,73-10,24 p. 100 de la matière sèche pendant la même période. Les gousses au moment de l'ensilage en contiennent de 4,16 à 6,08 p. 100.

Du point de vue de la répartition de ces glucides solubles, nous pouvons constater que lors de la première récolte il y en a davantage dans les feuilles que dans les tiges (60 p. 100 contre 40 p. 100).

Dans le fourrage pour ensilage les glucides solubles sont répartis pour un peu plus de la moitié dans les tiges (54-57 p. 100), tandis que pour les mêmes raisons que pour les matières azotées, les feuilles n'en représentent plus que 23-28 p. 100 et les gousses 17-23 p. 100.

Des analyses précédentes ne ressortent guère de différences entre les variétés. Cependant, l'examen de l'azote et de la matière sèche semble indiquer que *Niki* et à un degré moindre *Columba* possèdent lors de la deuxième coupe de fourrage pour ensilage moins de feuilles et plus de gousses que les autres variétés. Ces faits pourraient s'expliquer par la

tardivité plus grande de ces deux variétés ce qui les expose davantage aux dégâts des pucerons et à la mosaïque qui apparaît tardivement au sommet de la plante, surtout chez *Niki*.

Du point de vue pratique, c'est le rendement en matières protéiques par hectare qui permet finalement de juger les variétés (cf tableau VIII). Sous cet angle, *Ascott*, *Lorraine* et *Columba* ont une valeur à peu près comparable, *Ascott* étant légèrement avantagée l'année où les conditions climatiques ont été défavorables.

Une coupe tardive pour l'ensilage augmente la quantité de matières azotées récoltée ; c'est ainsi que les rendements en matières protéiques brutes passent pour *Ascott* de 928,2 kg à 1 058,4 kg par hectare pour l'année 1955, malgré la diminution de récolte résultant d'une densité trop faible de la culture destinée à l'ensilage.

Enfin, de même que pour la féverole grain, des semis précoces réalisés dès la fin février dans l'Ouest permettent de réduire les effets néfastes de la sécheresse et de produire un fourrage de meilleur état sanitaire.

3. **Association à d'autres légumineuses.**

L'utilisation de la féverole comme plante-support d'autres légumineuses fourragères a été entreprise en 1951 à la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles. Il semblait, en effet, intéressant à priori, dans une culture fourragère à base de vesce ou de pois, de remplacer la céréale support généralement employée, par une légumineuse susceptible d'enrichir le sol en azote et de produire un fourrage plus riche en protéines.

A cet effet, ont été mis en essai comme tuteur la féverole *Lorraine* semée à 75 et 150 kg par hectare et l'avoine *Rigel* semée à 50 et 100 kg/ha ; les « plantes supportées » étaient des pois fourragers semés à 80 kg/ha, de la vesce semée également à 80 kg/ha et le mélange de ces deux espèces en parties égales soit 40 kg/ha.

Deux coupes furent effectuées les 27 juin et 17 juillet. Le tableau XI indique les rendements relatifs des parcelles pour chaque tuteur et chaque date de coupe donnée.

En matière sèche et en matières protéiques, l'avoine est toujours supérieure à la féverole. Cette différence est due surtout à une différence de précocité. Lors de chacune des coupes, l'avoine plus précoce que la féverole avait atteint un stade physiologique beaucoup plus proche de la maturité. Elle est due également à ce que, aussitôt après la première coupe, les parcelles ayant comme support la féverole avaient versé.

La féverole semée à 150 kg se trouve dans tous les cas donner des rendements supérieurs à la féverole semée à 75 kg/ha, la raison principale en est que la verse s'y est produite plus tardivement.

Cet essai préliminaire n'a qu'une valeur limitée en raison de la diffé-

rence de précocité existant entre les différents composants et la trop grande sensibilité à la verse de la féverole expérimentée.

Tableau XI

Influence de la nature du tuteur (Féverole ou Avoine) sur le rendement de mélanges fourragers.

Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles 1951

Plante support	Dates de coupe	Rendements		
		Matières vertes	Matières sèches	Matières protéiques brutes
Féverole 75 kg	28 Juin	100	100	100
— 75 kg	17 Juillet	108,2	162,5	153,4
— 150 kg	28 Juin	117,4	120,3	111,5
— 150 kg	17 Juillet	122,5	220,2	206,7
Avoine 50 kg	28 Juin	109,1	146,4	107,3
— 50 kg	17 Juillet	128,5	344,7	250,3
— 100 kg	28 Juin	114,5	150,1	97,8
— 100 kg	17 Juillet	122,3	331	216,2
Plus petite différence significative en %		12,1	10,8	5,9
Rendement en t/ha de F-75 — 28 Juin.....		33,8	3,62	0,673

C'est la raison pour laquelle depuis 1954 ont été entrepris, à la Station de Rennes, des essais mettant en comparaison diverses plantes et mélanges fourragers annuels. Ces essais comportaient entre autres :

Féverole en culture pure : variété *Columba* en 1953, *Ascott* par la suite.

Peuplements :

60 plantes/m² (260 kg/ha) en 1953 et 54.

80 plantes/m² (345 kg/ha) en 1955 et 56.

Mélange Pois-Vesce-Féverole : variétés *Crista, Sylphie, Columba.*

Peuplements :

Pois 60 plantes/m² (106-kg/ha).

Vesce 100 plantes/m² (48 kg/ha).

Féverole 30 plantes/m² (109 kg/ha).

Mélange Pois-Vesce-Avoine : variétés *Norda*-52. 179- *Mansholt* en 1954. *Crista. Sylphie. Pégase* en 1955-56.

Peuplements :

Pois 60 plantes/m² (106 kg/ha),

Vesce 100 plantes/m² (48 kg/ha),

Avoine 150 plantes/m² (50 kg/ha).

Mélange Vesce-Avoine : variété Vesce commune. Avoine *Victoire* en 1953. *Sylphie. Pégase* en 1954.

Peuplements :

Vesce 180 plantes/m² (90 kg/ha),

Avoine 180 plantes/m² (60 kg/ha).

Les dates auxquelles furent réalisés les différents semis sont les suivantes :

le 11 mars 1953, 18 mars 1954, 30 mars 1955, 27 mars 1956.

Les récoltes ont été faites en principe aux stades convenant pour l'ensilage, c'est-à-dire grain vert bien formé dans les gousses de la base de la tige pour les légumineuses.

Tableau XII

Essais comparatifs de Féverole fourrage et de divers mélanges fourragers à base de légumineuses.

Station d'Amélioration des Plantes de Rennes

Culture	Fourrage frais tonnes/ha				Fourrage sec tonnes/ha			
	1953	1954	1955	1956	1953	1954	1955	1956
Féverole seule	55,22	28,23	32,64	33,12	7,43	5,99	4,54	4,63
Mélange Pois-Vesce-Féverole		33,99	35,11	29,82		6,83	4,88	5,31
Mélange Pois-Vesce-Avoine		33,74	29,29	31,15		9,04	4,78	6,50
Mélange Vesce-Avoine	36,63	30,63			4,55	7,41		

Les résultats sont exprimés en matière verte et en matière sèche, les analyses des matières protéiques n'ayant pu être effectuées.

Les mélanges fourragers dont le tuteur est l'avoine ont également une teneur en matière sèche supérieure à ceux qui ont la féverole comme support. Il en résulte que, bien que les rendements en fourrage frais soient à peu près équivalents pour les différentes cultures, c'est le mélange Crista-Sylphie-Pégase qui fournit la plus grande quantité de fourrage sec.

Les mélanges fourragers cultivés en 1955 et 1956 ont présenté une très bonne harmonie de leurs constituants, ils sont cependant plus sensibles à la verse que la Féverole en culture pure. Les résultats inférieurs obtenus avec cette dernière sont imputables d'abord aux dégâts des pucerons qui y sont beaucoup plus nombreux que dans les autres mélanges fourragers. Il est possible également que la récolte de ce fourrage, surtout en 1956, ait été effectuée un peu trop tôt, alors que la teneur en matière sèche n'était que 14 p. 100. En 1953, un été particulièrement humide avait permis d'obtenir un très bon rendement de 55 tonnes de fourrage frais par hectare.

En conclusion, l'introduction du tuteur féverole en remplacement de l'avoine n'offre d'intérêt que dans la mesure où l'on veut avant tout enrichir le sol en azote, d'autant plus que les mélanges fourragers à base uniquement de légumineuses sont d'un ensilage plus délicat que ceux où une céréale apporte une quantité importante de glucides.

B. — Fèveroles d'hiver.

Depuis 1954, la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes a entrepris l'étude de l'utilisation de la féverole d'hiver pour la production fourragère.

Du point de vue variétal, le choix est très limité puisque seule la population de Côte-d'Or possède, en plus de la petite taille de son grain, une résistance au froid suffisante.

En 1954 cette population a fourni un rendement de 36 tonnes par hectare de fourrage frais et 6,2 tonnes par hectare de fourrage sec, alors qu'elle était au stade fin de floraison. Cette même année, en culture de printemps, *Ascott* et *Lorraine*, coupées peut-être un peu plus tôt, ont donné des rendements respectifs de 34 et 35 tonnes de fourrage frais et 4,8 et 4,9 tonnes/ha de fourrage sec. Les différences entre les rendements en fourrage sec s'expliquent par la durée beaucoup plus longue de la phase début floraison — fin de floraison chez les féveroles d'hiver. Le stade fin de floraison étant chez ces dernières plus proche de la maturité et le pourcentage de matière sèche étant de ce fait même, plus élevé.

En 1955, un essai de comportement comprenant différentes légumineuses, Céréales, Graminées et Crucifères d'hiver a été réalisé afin de juger surtout les rythmes de développement.

Tirant parti des conclusions de cet essai, nous avons mis en place le 4 octobre 1956 un essai comparatif comprenant entre autres :

Mélange Féverole-Vesce-Blé : variétés *Côte-d'Or, Cerdagne, Cappelle.*

Peuplements :

Féverole 25 plantes/m² (77 kg/ha).

Vesce 120 plantes/m² (37 kg/ha).

Blé 120 plantes/m² (60 kg/ha).

Mélange Féverole-Vesce : variétés *Côte-d'Or, Saint-Omer.*

Peuplements :

Féverole 25 plantes/m² (77 kg/ha).

Vesce 120 plantes/m² (67 kg/ha).

Et les mélanges :

Vesce de Pannonie- Etoile de Choisy.

Vesce de Saint-Omer-Cappelle.

Vesce de Cerdagne-Petkus,

à des peuplements de 150 plantes/m² pour chaque constituant.

Cet essai a subi la rigueur de l'hiver 1955-56, caractérisé par une chute brutale de la température, au début de février, par un gel prolongé du sol pendant toute la durée du mois et par l'absence de neige. Bien que les minima n'aient pas été exceptionnels pour la région, cette vague de froid constitue cependant un test remarquable de la résistance des plantes.

La féverole *Côte-d'Or*, en particulier, a présenté de très graves dégâts

de l'appareil aérien. Cependant, sa reprise a été très bonne, 75 à 80 p. 100 des plantes ayant survécu. Parmi les vesces, celle de *Cerdagne* a été assez touchée mais a eu une bonne reprise, la vesce de *Saint-Omer* et surtout celle de *Pannonie* ont très bien résisté. Les blés *Cappelle* et surtout *Etoile de Choisy* ont beaucoup souffert car leur stade de développement était très avancé au moment des froids, vu la date précoce du semis.

TABLEAU XIII

Essai de Fourrage annuel d'Automne.

Station d'Amélioration des Plantes de Rennes 1956

Culture	Fourrage frais t/ha	Fourrage sec t/ha	Matières protéiques brut. kg/ha
Vesce-Féverole-Blé (Cerdagne-Côte d'Or-Cappelle).	42,68	5,58	1 262
Vesce-Féverole (Saint-Omer-Côte d'Or).....	41,71	7,29	—
Vesce-Blé (Saint-Omer-Cappelle).....	39,82	7,48	
Vesce-Seigle (Cerdagne-Petkus).....	39,50	5,46	855
Vesce-Blé (Pannonie-Étoile de Choisy).....	37,08	6,35	1 201
d	3,49		

Du fait de la résistance très variable des différentes plantes en présence, il est difficile de tirer des conclusions sûres de cet essai. En particulier, dans le mélange Vesce de *Cerdagne*-Féverole de *Côte-d'Or* et Blé *Cappelle*, ce dernier ayant presque complètement disparu, la féverole s'est avérée insuffisante pour supporter la vesce et la récolte de ce fourrage a dû être avancée à cause d'une verse généralisée. C'est ce qui explique la grande différence entre son bon rendement en fourrage frais et son rendement médiocre en matière sèche. D'une façon générale, il semble que la densité de semis de la féverole soit un peu faible et celle de la vesce un peu trop forte pour une bonne résistance à la verse.

De même, les blés *Cappelle* associé à la vesce de *Saint-Omer* et *Etoile de Choisy* associé à la vesce de *Pannonie*, ont été pratiquement tués et ce sont des cultures pures de ces deux vesces qui ont été récoltées.

Dans ces conditions, les rendements en fourrage frais sont sensiblement du même ordre, exception faite de la vesce de *Pannonie*. En fourrage sec, le mélange de vesce de *Cerdagne*-Seigle *Petkus* est le moins productif car il a dû être récolté plus tôt par suite d'un trop grand décalage de la précocité des deux constituants. La vesce de *Saint-Omer* associée à la féverole de *Côte-d'Or* donne le très bon résultat de 7,29 tonnes par hectare. Son rendement en matières protéiques n'ayant pas été analysé, il est difficile de la juger par rapport aux autres mélanges fourragers.

Conclusion.

Du point de vue de son utilisation comme fourrage la féverole présente certains avantages. En premier lieu, la possibilité de la cultiver

seule rend sa réussite plus aisée que celle des mélanges fourragers dont l'équilibre entre les différents constituants est souvent difficile à maintenir à cause de l'influence des conditions extérieures. En outre, elle présente une résistance à la verse supérieure à celle des mélanges fourragers à base d'autres légumineuses.

D'une teneur en protéines brutes comparable à ces derniers, elle peut être consommée en vert dès la pleine floraison mais sa meilleure utilisation est l'ensilage qui doit être réalisé lorsque les gousses de la base de la tige ont leurs grains bien formés. A ce stade la teneur en matière azotée digestible est maximum et l'augmentation de la teneur en glucides solubles de la plante entière rend son ensilage plus facile. Il convient toutefois de prendre quelques précautions telles que fractionnement et écrasement des tiges, afin d'éliminer une bonne partie des risques d'échec.

Par contre le manque d'appétibilité souvent reproché à son fourrage représente un certain inconvénient bien que souvent il ne s'agisse que d'une absence d'accoutumance du bétail. Pour y remédier, on peut utiliser des mélanges de légumineuses annuelles supportées par la féverole. Ces fourrages donnent des rendements en matière sèche inférieurs à ceux où l'avoine sert de tuteur, leur résistance à la verse serait légèrement supérieure.

Enfin, un défaut de la féverole pour sa production de fourrage est sa sensibilité aux pucerons. Son association avec la vesce ou le pois la protège habituellement d'une façon efficace. Un autre moyen d'éviter de tels dégâts consiste à semer à l'automne la population de Côte d'Or qui produit son fourrage un mois avant les féveroles de printemps et, de ce fait, est moins exposée aux attaques des pucerons. Cultivée seule ou en association avec d'autres légumineuses et céréales d'hiver, cette variété a donné de bons résultats.

Il serait également intéressant d'essayer d'associer la féverole avec des céréales de printemps ; le maïs en particulier. Une association de ce genre donnerait un fourrage ayant un équilibre alimentaire meilleur que celui du maïs seul et son ensilage ne soulèverait pas de problèmes particuliers.

Note complémentaire : principaux parasites de la féverole

I. — Parasites animaux.

L'Otiorrhynque de la Livèche.

Otiorrhynchus ligustici L. Coléoptères, curculionidae.

L' adulte se nourrit des feuilles dont il découpe les parties marginales. Ses dégâts peuvent être assez considérables sur de jeunes plantules au printemps.

La Sitone.

Sitona lineatus L. ; Coléoptères, curculionidae.

L'adulte se nourrit des feuilles, mais la larve qui s'attaque aux nodosités qu'elle dévore, est surtout à redouter certaines années (1956 par exemple).

Les adultes des deux espèces ci-dessus peuvent être détruits par poudrage à base d'H. C. H., D. D. T. ou parathion.

La Bruche.

Bruchus rufimanus Boh. Coléoptères, bruchidae.

L'adulte pond sur les gousses dans le courant de juin et la jeune larve primaire se dirige vers la graine. Elle s'y développe et s'y nymphose pour en sortir, adulte, laissant un orifice dans la graine.

Cet insecte est surtout nuisible aux cultures destinées à la semence.

S'il est difficile de lutter en champ, les insectes peuvent être détruits dans les semences nouvellement récoltées par fumigation au sulfure ou au tétrachlorure de carbone.

Le Puceron noir.

Aphis fabae Scop. Homoptères, Aphididae, sous-famille des Aphidinae.

Parasite le plus important de la féverole, le puceron noir, très polyphage, provoque des dégâts d'autant plus graves que son apparition est plus précoce.

Son extension peut être limitée par des traitements effectués sur la périphérie du champ dès l'apparition des premiers foyers (traitement à base d'esters phosphoriques par exemple). Dès la deuxième quinzaine de juin, certains prédateurs comme les larves des coccinelles constituent un auxiliaire puissant.

II. — Parasites cryptogamiques. — Virus.

La rouille.

Uromyces fabae, Basidiomycètes, Pucciniacées.

La rouille apparaît par temps chaud et humide, formant des pustules sur les feuilles et les tiges. Comme elle se manifeste en fin d'été, ses dégâts sont assez limités sauf sur les variétés tardives dont le rendement peut être diminué de façon sensible.

La maladie de la Saint-Jean.

Due à un *Fusarium* sp., cette maladie fréquente en Allemagne (St-Johannis Krankheit) se traduit par des lésions des tissus conducteurs. Des zones allongées brunes apparaissent sur les tiges dont l'extrémité flétrit, puis la plante meurt.

La pourriture du collet.

Sclerotinia trifoliorum Erikss. Ascomycètes, Helotiacées.

Parasite qui se développe en hiver et au début du printemps, le sclérotinia n'est susceptible de causer des dégâts qu'aux seules féveroles d'hiver.

Il s'attaque au collet de la plante qu'il envahit d'un mycélium blanc. Sa présence est facile à reconnaître au printemps. Les plantes, privées de leur alimentation en eau et en substances nutritives se fanent ou pourrissent au niveau du sol puis meurent. La base des tiges renferme alors jusqu'à une hauteur qui peut atteindre 20 cm des sclérotes noirs et durs, de taille variable (de quelques millimètres à 1, 5 cm), formes de conservation du parasite.

Il n'existe aucun moyen de lutte. Il convient de ne pas cultiver de féveroles d'hiver sur des sols envahis par ce parasite commun à d'autres légumineuses (trèfle violet, trèfle hybride, trèfle incarnat, sainfoin, lotier, luzerne, légumineuses annuelles d'hiver) et dont les sclérotes peuvent rester vivants dans le sol pendant plusieurs années.

Chocolate spot disease. Maladie des taches brunes.

Deux espèces de *Botrytis* (*Botrytis cinerea* et *Botrytis fabae*) attaquent la féverole d'hiver. Grave surtout en Angleterre cette maladie a brusquement pris une importance considérable dans l'Ouest en 1955, s'attaquant à tout l'appareil aérien de l'hôte.

Il n'y a aucun moyen de lutte efficace contre ces maladies.

La mosaïque.

Maladie à virus, transmise par la graine dans une faible proportion, la mosaïque peut provoquer des baisses de rendement sensibles quand elle est généralisée. Une sélection sanitaire sévère liée à la lutte contre les pucerons permet d'en limiter l'extension.

RÉSUMÉ

La féverole

Dans cet article sont exposés les résultats obtenus de 1951 à 1956 dans les Stations d'amélioration des Plantes de Versailles, Rennes et Dijon dans l'utilisation de la féverole pour la production de grain et pour la production de fourrage.

Les conclusions que l'on peut tirer de cette expérimentation sont les suivantes :

I. *Grain.* — Les variétés de féveroles de printemps sont d'autant plus productives que la taille de leur grain est plus grande.

Ces mêmes variétés doivent être semées très tôt avec des peuplements importants. Les féveroles d'hiver actuellement cultivées ont une production trop faible.

Les pois fourragers ou de casserie méritent d'être expérimentés en vue d'un remplacement éventuel de la féverole en conditions difficiles.

II. *Fourrage.* — L'époque optimum de récolte compte tenu de la valeur alimentaire et du rendement global se situe un peu avant la fin de la floraison pour l'utilisation en vert et lorsque les grains des premières gousses sont bien formés pour l'ensilage.

La comparaison des variétés, basée sur les critères de précocité, de teneur en matière sèche, en protéines brutes, en glucides solubles et sur les rendements en fourrage, ne fait pas apparaître de grosses différences. Les variétés précoces, comme *Ascott*, présentent cependant l'avantage de fournir un fourrage de meilleur état sanitaire, car elles échappent mieux aux attaques des pucerons.

Les associations de la Féverole de Printemps avec d'autres légumineuses de rythmes végétatifs voisins, donnent des résultats à peu près comparables à ceux où l'avoine sert de tuteur.

La Féverole d'hiver de Côte d'Or cultivée seule ou en association avec d'autres légumineuses ou céréales d'hiver est susceptible de fournir des rendements en fourrage intéressants. La précocité de sa récolte lui permet d'éviter pratiquement les dégâts provoqués par les pucerons.

SUMMARY

Horsebean

In this paper are given the results obtained from 1951 to 1956 at the Plant Breeding Stations of Versailles, Rennes and Dijon, on the use of the Horsebean for grain and fodder.

It is possible to draw the following conclusions from these experiments.

I. *Grain.* — In the spring varieties of horsebean, the larger the size of the grain, the greater is their productivity. These varieties must be sown very early with important seed-rates.

The winter horsebean varieties actually grown have too low a production.

The field peas and split peas deserve to be experimented, with a view to eventually replacing the horsebean in difficult conditions.

II. *Green fodder.* — The optimum time of harvest, the nutritive value and global yield being taken into account, takes place a little before the end of flowering-time for green-feeding, and when the grains of the first pods are well formed for silage.

A comparison of the varieties, based on criteriums of earliness, content of dry matter, crude proteins and soluble glucides, and on forage yields, does not give any large differences. The early varieties such as *Ascott,* have however the advantage of supplying a forage in a better sanitary state, because they escape to a much greater degree, the attacks of aphids.

The associations of spring horsebean with other legumes having a nearly similar vegetative cycle, give results comparable to those where oats is used as the companion-crop.

The winter horsebean « Côte d'Or », grown alone or in association with other legumes or winter cereals, may provide interesting forage yields. The earliness of its harvest allows the damage caused by aphids to be almost completely avoided.

РЕЗЮМЕ

Конский боб (Vicia faba L. var. Equina Pers. var. Minor Becr.).

Ж. ПИКАР и П. БЭРТЭЛЕМ.

В работе изложенны результаты, полученные от 1951 до 1956 года, в Станциях Мелиорации растений Версаля, Рэнна и Дижона, использования конских бобов для производства семян и фуражнаго производства.

Заключения этой экспериментации следующие :

1. Зерно. Яровые сорта конских бобов являются тем более продуктивными, чем их зерна крупнее. Эти сорта должны высеваться рано и густым стоянием. Зимние сорта, культивируемые в настоящее время — слабоурожайные.

Кормовой горох или-же горох для битья должны быть экспериментированны для заменения конских бобов в трудных условиях.

2. Фураж. Оптимальный период урожая, учитывая питательную стоимость и общий урожай, располагается немного раньше конца цветения для зеленаго использования и для силоса, когда зерно первых стручков хорошо оформленно.

Сравнение сортов, основанное на критерии скороспелости, богатства сухим веществом, растворимой глюкозы и кормового урожая, не выявляет больших разниц. Скороспелые сорта, как « Ascott » производят, всеже фураж, лучший в санитарном отношении, так как они лучше избегают поражение тлёй и мозаичным вирусом. Ассоциация весенняго конскаго боба с другими бобовыми растениями паралельнаго вегетативнаго развития дают результаты сравнимые с теми, где употребляется овес, как подпорный элемент.

Зимний сорт « Côte d'Or » культивируемый одиночно или-же в ассоциации с другими бобовыми или с озимыми злаками, может доставить интересные фуражные урожаи.

Ранность его урожая позволяет ему избежать, практически, поражение тлёй.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ackerbohne

Die Ergebnisse der, von 1951 bis 1956 in Versailles, Rennes und Dijon, über die Ackerbohne als Körner und Grünfutterpflanze durchgeführtenVersuche, werden dargelegt.

Man kann folgende Schlussfolgerungen ziehen :

Korn. — Die Sommerformen sind desto ertragsfähiger als die Körner grösser sind. Sie müssen früh und dicht gesät werden. Die gegenwartig angebauten Winterformen haben eine zu schwache Ertragsfähigkeit.

Die Futtererbsen können, in schwierigen Lagen, die Ackerbohne ersetzen und verdienen dafür, versucht zu werden.

Futter. — Die beste Zeit für das Mähen, zur Grünfuttererzeugung, ist Ende der Blüte, und wenn die Körner der ältesten Hülsen entwickelt sind, für Silage.

Es gibt kein grosser Unterschied zwischen den Sorten für Frühreife, Gehalt an Trockensubstanz, an Roheiweiss, an löslichen Kohlenhydraten, an Futtererträge.

Die frühen Sorten, wie *Ascott*, haben den Forteil einen gesunderen Futter zu bieten weil sie weniger Blattläuse.

Gemische mit andern Hulsenfrüchten von gleichem Wachstumsrythmus geben die selben Ergebnisse als Gemische in welchen der Hafer als Stütze dient.

Die Winterlandsorte « Côte d'Or » gibt, allein oder in Gemische angeba, ut sehr interessante Futtererträge. Da die Ernte sehr früh vollzogen werden kann, werden die Blattläuseanfälle vermieden.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Hodgson (G. L.) et Blackman (G. E.). — Analyse de l'influence de la densité sur la croissance de Vicia faba. I. Influence de la densité sur les caractères du développement. *J. Exp. Bot.*, **72**, 20, p. 147-165, 1956.

Picard (J.). — Recherches sur la féverole. *Ann. Amel. Pltes III*, **1**, 57-106, 1953.

Picard (J.) et Felix (L.). — La culture de la féverole dans la Région Parisienne. Résultats d'essais réalisés en 1952 et 1953. *C. R. Acad. Agric. XL*, **3**, 123-129, 1954.

Picard (J.), Berthelem (P.) et Felix (L.). — La culture de la féverole grain. Quelques données d'expérimentation réalisée en 1952, 1953 et 1954 dans la moitié nord de la France. *Ann. Amel. Pltes V*, **1**, 79-102, 1955.

Picard (J.) et Berthelem (P.). — La féverole. *Agriculture*, n° 179, 1956.

Strand (E.). — Essai de variétés de pois des champs à la Ferme Expérimentale de Vollebek (Norvège), 1945-1952. *Forskn. Fors. Landbr.* 4, n° 3, p. 279, 1953.

LE CHOU FOURRAGER

ÉTUDE BIOLOGIQUE. PROBLÈMES VARIÉTAUX

PAR

G. du CREHU

Station d'Amélioration des Plantes, Rennes

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — **Étude biologique.**
- Caractéristiques essentielles.
- Conséquences pratiques :
  - A. Technique traditionnelle de culture.
  - B. Technique du semis dense en place.

II. — **Problèmes variétaux.**
- A. Définition du terme variété.
- B. Étude descriptive des différentes variétés.
- C. Caractérisation des principaux types de choux fourragers.
- D. Appréciation des variétés.

Principaux facteurs du choix des variétés :
- Précocité.
- Résistance au froid.
- Productivité.
- Qualité. Valeur nutritive.

Conclusion.

INTRODUCTION

Le Chou fourrager (*Brassica Oleracea* var. *acephala*) dont la culture couvre en France plus de 200 000 ha présente un intérêt de premier plan dans la réalisation d'un programme de production intensive de fourrage vert.

Il se signale en premier lieu par *sa remarquable productivité* : sous les climats à pluviosité abondante et bien répartie de l'ouest et du nord de la France le chou est parmi toutes les plantes fourragères l'une de celles qui peuvent produire le maximum d'unités nutritives et de matières azotées à l'unité de surface, sous une forme particulièrement appréciée

du bétail laitier. Dans des milieux moins favorables du point de vue climatique, le chou peut être encore une plante fourragère des plus intéressantes ainsi qu'en témoigne notamment son comportement dans des essais effectués en Yougoslavie, en régions sèches.

Tout aussi remarquable est *l'échelonnement possible de la production* dans le temps sans altération notable de la qualité du fourrage ; le chou est la seule espèce végétale qui permette une récolte quotidienne de fourrage vert pendant toute la période hivernale, du moins sous le climat océanique.

Enfin c'est une plante qui se prête aux conditions de culture les plus variées.

Telles sont sur le plan agronomique les caractéristiques essentielles du chou fourrager ; nous nous proposons d'établir au cours de l'étude qui va suivre comment elles s'expliquent par la Biologie propre de la plante et par la diversité des formes existantes.

I. — ÉTUDE BIOLOGIQUE

Deux traits essentiels dominent toute la Biologie du *Brassica Oleracea acephala*, d'une part le *grand développement* susceptible d'être acquis par la plante et, d'autre part, la *longue durée du cycle végétatif*, lequel pour être complet nécessite une période d'hivernage ; le cycle normal du développement se schématise ainsi :

1re année (année du semis) : phase végétative.

2e année : phase de reproduction s'amorçant dès la sortie de l'hiver pour ne se terminer qu'au cours de l'été.

Lorsque des types à rythme de croissance lent, tel le Cavalier, sont semés tardivement (septembre) ils n'acquièrent leur complet développement végétatif qu'au printemps suivant, sans entrer dans la phase de reproduction : on n'observe qu'un faible pourcentage de montée en première année, pourcentage d'ailleurs variable suivant les conditions climatiques et les populations, que la sélection s'efforce de réduire au maximum.

PHASE SEMIS-LEVÉE

Seule la phase *Semis-levée* doit être courte, la graine étant petite et contenant peu de réserves, condition réalisée en pratique par un semis peu profond, en terre suffisamment humide, le facteur eau étant prépondérant. Le facteur température est pratiquement secondaire, la température minimum de germination étant comprise entre 0 et 5° d'après Haberlandt. En plein champ la durée de la phase semis-levée est de 6 à 8 jours en conditions d'humidité favorables.

CROISSANCE

Après la levée, la plante étale ses deux feuilles cotylédonaires en forme de cœur, entrant ainsi dans sa phase de croissance proprement dite ; celle-ci, pour un semis normal de printemps, se poursuit jusqu'à l'hiver et même pendant l'hiver tant que le facteur thermique reste au-dessus d'un minimum, variable avec le type considéré. Des différences notables existent d'ailleurs sur ce point entre les variétés.

Le *rythme de croissance* est fortement influencé non seulement par les facteurs du milieu naturel dont le plus important reste le facteur eau, mais aussi par les conditions culturales : c'est ainsi que les *semis très denses* (cas des pépinières) assurent un départ très rapide des plantes, mais à partir du stade 5-6 feuilles la croissance peut être très ralentie. Quant au *repiquage*, pratique habituelle dans la culture du chou, il provoque un arrêt momentané de la végétation, mais favorise en contrepartie le développement d'un système radiculaire plus puissant.

C'est au cours de la période de *grande croissance*, celle-ci débutant normalement après le développement de la 6e feuille, que se différencient les principaux types de choux, le caractère coloration étant toutefois apparent dès le stade plantule. L'afflux des éléments nutritifs vers les organes aériens se traduit de différentes façons dont les plus typiques sont les suivantes :

1° Croissance considérable à la fois en *longueur* (surtout par allongement des entre-nœuds) et en *épaisseur* (par formation de moelle abondante) de la tige qui devient l'organe dominant : type Moellier.

2° Croissance en *épaisseur* de la tige, les entre-nœuds restant courts et développement d'un feuillage abondant et ample : type Fourrager à gros pied (vert ou jaune).

3° Croissance considérable en *longueur* (surtout par allongement des entrenœuds) de la tige qui reste grêle, portant des feuilles amples et espacées (type Cavalier).

4° Croissance *très réduite* de la tige qui reste à la fois courte et grêle mais développement d'un feuillage ample et abondant (type Fourrager de la Sarthe).

5° *Ramification* plus ou moins précoce et plus ou moins intense de la tige (types Branchus et Mille têtes).

Tous les cas intermédiaires se rencontrent d'ailleurs.

Le fait essentiel à retenir est le développement, en proportions variables selon les types considérés, des trois catégories d'organes végétatifs : tige principale, ramifications, feuillage.

L'époque à laquelle se produit cette différenciation et le temps qui lui est nécessaire pour s'accomplir totalement sont fortement influencés

par les conditions ambiantes (un peuplement clair ou une abondante pluviosité favorisant par exemple une ramification précoce). Ils restent cependant, dans une large mesure, caractéristiques de la plante ; d'où la notion de *précocité* qu'on peut envisager : soit sous son *aspect biologique* comme le délai d'obtention du complet développement de la plante, soit sous son *aspect pratique* comme l'expression du rythme de croissance en fonction du stade de productivité maximum de la plante.

PHASE DE REPRODUCTION

Dès la sortie de l'hiver s'amorce la *phase de reproduction*, caractérisée morphologiquement, tout d'abord, par un allongement — essentiellement terminal cette fois — de la tige principale et des ramifications. Chez les types non ramifiés durant la phase végétative, on observe alors le départ de bourgeons axillaires donnant naissance à des rameaux relativement peu importants par rapport à la tige principale et dont le rôle essentiel est de porter des inflorescences.

Le feuillage — ample et plus ou moins longuement pétiolé en général — est tombé en tout ou partie au cours de l'hiver et il se développe alors un feuillage secondaire nettement différent, à limbe petit, fin, lisse et denté et à pétiole court ou absent, rappelant les feuilles caulinaires des colzas et navettes.

L'apparition des boutons floraux commence de très bonne heure, fin février, début mars, bien avant que les rameaux qui les portent n'aient terminé leur élongation.

La floraison qui débute généralement en avril, parfois dès fin mars, marque la limite pratique d'utilisation de la plante comme fourrage par suite de la lignification de la tige et du dessèchement rapide du feuillage. La floraison, très échelonnée se prolonge parfois plus d'un mois sur la même plante. Quant à la maturation elle s'effectue lentement aussi, la complète maturité n'étant atteinte que dans le courant de juillet sous le climat de l'ouest de la France.

CONSÉQUENCES PRATIQUES DES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DU CHOU FOURRAGER

La longue durée du cycle végétatif du chou fourrager explique sa remarquable « plasticité ».

La plante est capable de supporter des périodes défavorables avec un minimum de préjudice pour sa croissance définitive. On trouve seulement deux phases critiques pour lesquelles le facteur eau est essentiel :

— la phase semis-levée,

— et la phase de reprise après transplantation (dans le cas du repiquage après semis en pépinière).

L'Homme peut donc, par le jeu de techniques culturales appropriées tirer parti suivant ses désirs des différents facteurs qui conditionnent la croissance et le développement.

Nous nous proposons pour illustrer cette assertion d'évoquer un certain nombre de pratiques courantes dans le cas de la *culture traditionnelle du chou* (semis en pépinière et repiquage en place à grand écartement) et d'insister ensuite davantage sur les effets du *semis dense effectué directement en place*, considéré de nos jours, en France, comme une nouvelle méthode de culture du chou fourrager.

A. — Technique traditionnelle de culture du chou fourrager

1° Technique du double repiquage.

Lorsqu'une pépinière est très dense, il est recommandé d'éclaircir les jeunes plants quand ils commencent à « filer » ou s'étioler ; les plus beaux sont alors transplantés dans une « pépinière d'attente ».

Cette opération, appelée dans l'Ouest le « picotage », permet à ces plants grâce à l'arrêt de végétation qui en résulte, d'attendre la libération du terrain destiné à la plantation ; les plants ayant fait l'objet de ce premier repiquage sont d'ailleurs plus trapus, plus fermes, mieux enracinés et plus résistants à la sécheresse lors de la transplantation définitive.

2° Effeuillage des choux.

Cette pratique très répandue dans l'Ouest mais tendant à juste titre à être abandonnée par suite des problèmes humains qu'elle pose (exigences en main-d'œuvre, conditions d'hygiène déplorables) trouve du point de vue physiologique une justification. Le développement des feuilles sur la plante est échelonné, les feuilles les plus basses étant à tout moment les plus âgées et les plus amples. Tandis que se développent les feuilles du sommet, celles de base jaunissent, se dessèchent et tombent. L'effeuillage permet donc, probablement, d'accroître dans de notables proportions la productivité de la plante. Toutefois, indépendamment des difficultés pratiques rencontrées sa rentabilité est très controversée.

3° Adoption de différentes densités de peuplement en vue d'une récolte échelonnée des plantes.

Cette technique tire parti des grandes facultés de développement de la plante et de la longue durée de sa phase active de croissance. Un rendement pratiquement constant, du moins en fourrage frais, peut donc être

obtenu durant une assez longue période si l'on prend soin d'adopter des densités de peuplement d'autant plus élevées que les plantes sont récoltées à des stades plus éloignés de leur développement maximum.

4° Semis d'automne pour récolte de printemps.

Cette pratique courante dans certaines régions méridionales et dans l'Ouest (en tenant compte de la résistance au froid) est basée sur le fait — signalé au début de cette étude — que certains types de choux à rythme de croissance lent, lorsqu'ils sont semés et repiqués tardivement (à l'automne) n'acquièrent leur complet développement végétatif qu'au printemps suivant, sans monter à graine, pouvant produire un fourrage relativement abondant d'avril à juillet ou même octobre. Certaines variétés de choux (Chou de Toussaint) sont d'ailleurs spécialement sélectionnées et commercialisées à cet effet.

B. — Technique du semis direct en place à forte densité

Le semis dense en place qui donne lieu à une croissance rapide et continue — mais limitée — de la plante, se traduit corrélativement par l'obtention de plantes d'un format réduit à tige fine et peu lignifiée. Il peut donc produire, en un temps relativement court (90-100 jours), un fourrage abondant, constitué par des plantes jeunes et tendres, aptes au fauchage mécanique ou au pâturage ; son rendement, plus fluctuant, semble-t-il que celui du chou repiqué, peut égaler ce dernier voire même le dépasser en conditions favorables de température et d'humidité en début de végétation, et surclasse toujours largement celui des espèces à cycle végétatif court susceptibles de lui être comparées *en culture dérobée d'été*. On peut citer à ce sujet outre les résultats d'expériences effectuées en Grande Bretagne, en Belgique et même en Yougoslavie, ceux obtenus depuis 1953 à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes, en culture intercalaire, entre fourrage de printemps à base de vesce et blé d'automne avec seulement un faible apport d'Azote (20-30 unités/ha), la culture précédente ayant reçu toutefois une abondante fumure organique et minérale de fond (Tableau I).

De plus, les premiers résultats d'une expérimentation plus complète et plus précise, entreprise depuis 1955 sur des variétés identiques ou comparables soumises à des récoltes échelonnées, inclinent à penser que le semis dense en place, peut comme le repiquage, assurer avec une fumure copieuse et un choix judicieux de variétés, une *production remarquablement abondante et soutenue de fourrage frais depuis l'automne jusqu'à la fin de l'hiver* (Tableau II).

Tableau I

Comparaison entre chou semé-chou repiqué et autres crucifères en culture dérobée d'été.

Station d'Amélioration des Plantes de Rennes 1953-1956.

Cultures	Dates extrêmes		Nombre de jours de végétations (extrêmes)	Rendement en fourrage frais					
				1953		1954		1956	
	Semis ou repiquage	Récolte		T/ha	% Chou repiqué	T/ha	% Chou repiqué	T/ha	% Chou repiqué
Chou repiqué....	30/6	2/11	99-124	31,0	*100*	45,3	*100*	45,3	*100*
Chou semé.....	6/7	6/11	99-118	27,4	88,4	63,5	140,2	39,6	87,4
Colza Liho.....	6/7	10/10	61-76			37,0	81,7	28,5	65,1
Moutarde blanche	21/7	25/9	45-40	4,7	15,2	23,0	50,8	14,4	31,8

Tableau II

Comparaison entre chou semé et chou repiqué avec récoltes échelonnées dans le temps.

Station d'Amélioration des Plantes de Rennes 1955-1956.

Variétés	Repiquage (12/7) 20.000 plantes/ha			Semis (13/7) 4 kg/ha		
	Dates de récolte			Dates de récolte		
	20/11	28/12	22/3	6/11	8/12	32/3
	Fourrage frais (Ton/ha)					
Moellier blanc	60,9	63,4	*	68,0	70,9	*
Fourrager jaune	60,5	60,6	*	64,3	66,0	*
Cavalier	39,6	36,4	24,2			
Mille têtes anglais (1)				50,4	46,3	30,4
p. p. d. s.	3,8			3,8		
	Fourrage sec (Ton/ha)					
Moellier blanc	6,15	6,59	*	6,35	7,24	*
Fourrager jaune	5,94	6,24	*	5,84	6,44	*
Cavalier	5,14	5,06	3,63			
Mille têtes anglais (1)				5,79	5,69	4,59
p. p. d. s.	0,42			0,33		

(*) Troisième récolte — Moellier en jaune détruits par le froid.
(1) Mille têtes anglais non ramifié en semis dense — comparable au Cavalier.

Nous ne saurions, il va de soi, tirer dès maintenant de conclusions définitives au sujet de cette technique moderne de culture dont l'expérimentation doit être poursuivie. La *réussite du semis*, c'est-à-dire l'obtention d'une levée rapide et homogène, plus aléatoire que celle de la reprise après repiquage, requiert un ensemble de précautions indispensables concernant la préparation du sol, le traitement des semences contre les altises, la surveillance attentive de la levée et le traitement éventuel — assez coûteux — des jeunes plantes après la levée. Ses exigences élevées

en semences — outre leur incidence sur le prix de revient de la culture — risquent de créer de graves problèmes d'approvisionnement dans l'état actuel de la sélection. En contrepartie, la technique du semis direct, une fois mise au point et utilisée à bon escient, apparaît susceptible d'apporter une solution de choix aux problèmes de main-d'œuvre que pose à notre époque la technique du repiquage et qui constituent souvent un obstacle à l'extension de la culture du chou fourrager.

II. — PROBLÈMES VARIÉTAUX

Ainsi que nous l'avons dit au début de cette étude (et les résultats expérimentaux qui viennent d'être présentés en constituent déjà une preuve) ce n'est pas seulement à la « plasticité » de la plante qu'il convient d'attribuer la remarquable souplesse d'adaptation du chou fourrager, mais aussi au polymorphisme extrêmement accusé de cette espèce végétale. Avant d'étudier les caractères des différentes variétés cultivées, il nous paraît nécessaire de définir le terme « variété » tel qu'on l'applique au chou fourrager.

A. — DÉFINITION DU TERME VARIÉTÉ

L'étude de la *Biologie florale* du *Brassica Oleracea* a été surtout effectuée à l'étranger (en particulier aux U. S. A. et en Grande-Bretagne) sur le *Brassica Oleracea capitata* (chou pomme). Des recherches complémentaires sont actuellement poursuivies à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes sur le *Brassica Oleracea acephala* (chou fourrager proprement dit). Les résultats enregistrés à ce jour font ressortir le caractère essentiellement *allogame* de l'espèce. L'allogamie est favorisée en effet par un ensemble de causes mécaniques convergentes : Protogynie, ouverture de la fleur avant déhiscence des anthères, mouvement réflexe dirigé en arrière des anthères lors de leur déhiscence, s'opposant dans une certaine mesure à la chute du pollen sur le stigmate, lequel est d'ailleurs parfois plus élevé que les étamines, enfin visite des abeilles et bourdons attirés par les nectaires situés en profondeur à la base des pétales et à l'insertion des étamines.

Mais surtout, l'allogamie est commandée par le phénomène d'*Auto-incompatibilité*, lequel se traduit physiologiquement par la diffusion, à la base du stigmate, d'une « substance inhibitrice » s'opposant à la pénétration du pollen de même constitution génotypique. Les travaux de KAKISAKI ont montré que chez *Brassica Oleracea* deux séries de facteurs génétiques entrent en jeu, rendant complexe le mode d'hérédité de ce caractère ; en d'autres termes le phénomène d'auto-incompatibilité se mani-

feste à des degrés très divers suivant les lignées, fait contrôlé expérimentalement en serre par ATTIA (U. S. A.) sur *Brassica Oleracea capitatata* puis par K. F. THOMPSON (G. B.) sur *Brassica Oleracea acephala* et confirmé par nous-mêmes lors d'expériences nombreuses, conduites sur différents types de choux fourragers, en plein champ, c'est-à-dire en conditions normales de végétation.

Quoiqu'il en soit, *l'Autofécondation* prolongée, si elle conduit à une homogénéisation certaine du matériel de départ, se traduit en contrepartie par une perte de vigueur plus ou moins accusée et plus ou moins rapide (effet d'inbreeding) vigueur qui ne peut être régénérée que par croisement de plantes ou de lignées différentes (phénomènes d'hétérosis).

L'ensemble de ces considérations laisse entrevoir la complexité des problèmes posés par la sélection et l'amélioration de cette espèce végétale pour laquelle la variété lignée pure ne saurait être envisagée.

Toutes les variétés actuellement cultivées, du moins en France, sont des *variétés populations*, issues de sélection massale ; en outre comme le commerce des semences est des plus réduit et que la plupart des cultivateurs produisent eux-mêmes leurs graines en orientant leur sélection vers les types qui semblent convenir le mieux à chacun d'eux, il ressort — et ceci nous a été confirmé par l'analyse de 150 populations effectuées à Rennes depuis quelques années — qu'il est, tout compte fait, assez difficile, en matière de chou fourrager de parler de variétés bien définies. Il s'agit plutôt de biotypes adaptés aux climats locaux, plus ou moins différenciés par leur morphologie et surtout par leurs aptitudes culturales. Il va de soi que, tout le reste mis à part, leur valeur agronomique réelle (productivité, homogénéité, stabilité) est sous l'étroite dépendance du degré de sélection dont ils font l'objet.

A l'étranger toutefois et notamment en Grande-Bretagne, existent des variétés portant des dénominations précises, dont on peut penser qu'elles correspondent à des types stables et bien définis.

On conçoit les difficultés qui se présentent en France, non seulement pour donner une description précise et généralisable d'une variété donnée, mais surtout pour en définir la valeur culturale par une expérimentation rationnelle, puisque sur le plan pratique, les écarts sont souvent plus importants entre différentes provenances d'un type donné qu'entre types morphologiquement bien distincts.

B. — ÉTUDE DESCRIPTIVE DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE CHOUX FOURRAGERS

Compte tenu de la mise au point qui vient d'être faite et en partant de considérations avant tout biologiques, il nous semble possible de rat-

tacher les variétés de choux fourragers actuellement cultivées à trois types de base :

Choux Moelliers — Choux Branchus — Choux Cavaliers.

Choux moelliers

Le chou moellier est caractérisé par une tige non ramifiée, longue et hypertrophiée, remplie de moelle, le collet seul restant fin, des feuilles souvent peu nombreuses, espacées, à pétiole charnu, à limbe ample, glauque et gaudré, à port retombant (port « pleureur »). Le rythme de croissance est rapide, le complet développement végétatif pouvant être acquis dès l'automne. L'importance relative de la moelle dans la tige confère à ce type de chou une sensibilité accusée à la pourriture et au gel. Son implantation dans le sol, souvent insuffisante eu égard au développement de la tige, l'expose à la verse.

Le Moellier type est précoce ; c'est le véritable chou d'automne, apte à l'effeuillage, convenant également bien à la récolte de plantes entières, devant, en tout état de cause, être récolté avant l'hiver, excepté dans les régions les plus favorisées quant à la douceur du climat (Midi et zones côtières de l'Ouest).

La tige riche en moelle succulente et aqueuse, faiblement lignifiée est particulièrement appréciée du bétail et d'ensilage facile.

Les moelliers les plus typiques, ceux qui présentent au maximum l'hypertrophie du tronc, caractère « gros gigot » suivant l'expression consacrée, sont surtout trouvés chez les biotypes de Vendée, Maine-et-Loire, Loire-Inférieure. La plupart des sélections commerciales françaises et anglaises correspondent à des types plus feuillus et à tige moins renflée, plus rustiques, d'aire culturale plus étendue. Quant aux Moelliers originaires des pays de l'Est, ils ont une tige encore moins renflée, plus ferme et plus ligneuse, se rapprochant plus ou moins du *Demi-Moellier français*.

En effet, du Moellier proprement dit est dérivé le *Demi-Moellier*, dénomination appliquée souvent sans discernement à de nombreux biotypes à tige moellière mais par ailleurs fort dissemblables. Le vrai *Demi-Moellier* présente une tige plus ou moins longue, épaisse, mais beaucoup moins renflée dans sa partie médiane que le Moellier, et plus ferme ; le feuillage, à port demi-dressé, est plus abondant.

Moins sensible aux accidents climatiques (pourriture, gel) que le Moellier, il apparaît comme un type d'automne et de début hiver, voire même d'hiver dans l'Ouest Atlantique, aux possibilités d'emploi plus étendues.

Choux branchus

Les choux Branchus ont une tige principale grêle et dure (comme celle des Cavaliers) mais restant courte et présentant par contre une aptitude marquée à la ramification.

Le Branchu du Poitou original développe tout d'abord des feuilles amples, demi-dressées à dressées et produit plus ou moins tardivement des ramifications, appelées jets ou rejets, très résistantes au froid.

Variété demi-tardive à tardive, pouvant toutefois subir un effeuillage d'automne, le Branchu du Poitou est considéré comme un des types les plus productifs en matière sèche/ha.

En fait, c'est parmi les choux Branchus qu'on rencontre les populations les plus diverses et les plus hétérogènes et en définitive de la valeur culturale la plus variable.

On peut considérer comme un type extrême de Branchu, le *Chou Mille têtes* dont les ramifications très nombreuses, émises précocement et souvent aussi importantes que la tige principale donnent à la plante un aspect buissonnant. Les feuilles sont nombreuses mais petites et généralement lisses et fines. Couvrant bien le sol, plus précoce que le Branchu du Poitou proprement dit, le Mille têtes convient à la récolte de plantes entières pendant une assez longue période. Certains Mille-têtes Anglais à rythme de croissance plus lent font preuve d'une rusticité comparable à celle de notre Cavalier.

Signalons enfin l'existence de types dénommés vulgairement « *Gros Branchus* » ou « *Branchus gros pied* » qui se différencient surtout des types précédents par leur tige plus épaisse et plus riche en moelle.

Choux cavaliers

Plante à tige non ramifiée, longue, grêle et ligneuse (tel le chou canne de Jersey) à feuilles cloquées, amples, longuement pétiolées, espacées, le Cavalier typique est à la fois le plus tardif et le plus résistant au froid des choux fourragers. Peu productif pour la récolte de plantes entières, il présente surtout un intérêt en région froide ou pour la petite culture, les effeuillages successifs auxquels il se prête en toute saison permettant un accroissement sensible du rendement total. C'est d'ailleurs le feuillage qui à tous points de vue constitue l'élément le plus important et le plus utile de la plante.

Rappelons que dans l'ouest et le sud de la France, certains Cavaliers sont spécialement cultivés en semis d'automne pour la production de fourrage à partir du printemps suivant.

Plus résistant au froid que le Cavalier vert ordinaire, mais généralement moins productif, le Caulet des Flandres ou Cavalier rouge est réservé aux régions à hiver rude.

Enfin, on peut rattacher au groupe des Cavaliers, les divers choux frisés (verts ou rouges)(dont la tige a toutefois une longueur très variable). Ils sont très rustiques, mais leur tige est très ligneuse et leur feuillage relativement ferme.

Choux feuillus

Divers auteurs ont rassemblé sous la dénomination de *Choux Feuillus* ou de *Choux fourragers* un certain nombre de types à feuillage très ample et très abondant à pétiole charnu, à tige courte, renflée (chou de Cholet, Fourrager Jaune) ou grêle (Fourrager de la Sarthe). Il nous semble plus logique de considérer ces types comme dérivés suivant la structure de leur tige, soit du Moellier, soit du Cavalier, le développement du feuillage s'étant substitué à celui de la tige. Les uns et les autres conservent d'ailleurs, avec quelque atténuation il est vrai, les caractères physiologiques respectifs des types originaux ; en particulier les choux feuillus à tige moellière sont plus précoces, moins persistants et plus sensibles au froid que le Fourrager de la Sarthe.

Il n'est pas fait mention dans cette énumération des choux fourragers pommés (*Brassica Oleracea capitata*) dont l'aire culturale est extrêmement réduite en France et dont le représentant le plus connu est le Chou Quintal d'Alsace.

C. — CARACTÉRISATION DES PRINCIPAUX TYPES DE CHOUX

Nous proposons ci-dessous un essai de classification simple des principaux types de choux fourragers d'après leurs caractères *morphologiques* les plus apparents.

Caractérisation des principaux types de choux fourragers.

Tige non ramifiée	Tige renflée (Moelle)	Tige très renflée dans sa partie médiane et longue. Feuilles assez peu nombreuses à port retombant.	Moellier : Blanc, Rouge.
		Tige ± longue. Feuillage assez abondant demi-dressé.	Demi-Moellier.
		Tige ± épaisse, pied ± court. Fenillage très abondant, groupé ± dressé.	Chou feuillu ou Chou fourrager, à feuillage vert foncé (type fourrager de Cholet) ou blond (Fourrager Jaune).
	Tige grêle	Tige longue. Feuilles assez peu nombreuses et espacées — port étalé.	Cavalier : Vert, Rouge (Caulet).
		Tige courte. Feuillage abondant, groupé ± dressé.	Fourrager (de la Sarthe).
Tige ramifiée	Tige grêle	Ramification tardive. Feuilles 1res amples, dressées.	Branchu du Poitou.
		Ramification ± précoce et forte Feuillage abondant et petit.	Mille têtes.
	Tige renflée		Gros Branchu (Branchu gros pied).

En vue d'apporter à cette classification des éléments complémentaires d'ordre pratique, nous reproduisons ci-dessous, sous forme de tableau quelques données expérimentales recueillies à Rennes en 1954 au cours de l'étude en champ de comportement d'une soixantaine de populations d'origines les plus diverses, dans les conditions suivantes :

— Semis 14 avril 1954.

— Repiquage 25-26 juin, écartement 0,80 × 0,70 m, soit 18 000 pl/ha.

— Date de récolte *unique pour tous les échantillons* : 23-25 octobre 1954.

TABLEAU III

Caractéristiques expérimentales des différents types de choux étudiés à Rennes en 1954.

	Poids moyen d'une plante (en kg) (1)	% moyen de feuilles (en poids)	Nombre de feuilles développées au 23/10	Diamètre moy. de la tige à mi-hauteur en cm
Moellier gros gigot (biotypes locaux)	3,5 à 4,8	30	10-15	10-12
Moellier blanc ordinaire (français et anglais)	2,7 à 3,6	35-40	13-18	8-9
Autres Moelliers (Autriche, Suède, etc...)	2,6 à 3,5	55	17-20	7
Demi-Moelliers français	3,7 à 4,0	45-50	18-20	7
Choux feuillus à gros pieds	2,9 à 4,0	60-65	20-25	7
Branchus du Poitou type tardif (sél. commerciales)	2,3 à 2,6	70-75		4-5
Branchus (sél. locales + précoces)	3,0 à 4,0	60-70		4-5
Mille têtes anglais	2,0 à 2,7	70		4
Cavaliers	2,0 à 2,4	65-80	12-15	4-5

(1) Les 2 chiffres indiquent les écarts extrêmes entre diverses provenances.

D. — APPRÉCIATION DES VARIÉTÉS DE CHOUX FOURRAGERS : PRINCIPAUX FACTEURS DU CHOIX DES VARIÉTÉS

Le tableau qui vient d'être présenté témoigne de la variabilité dont font preuve suivant leur provenance et donc suivant l'orientation et l'efficacité de la sélection opérée, des populations de choux fourragers répondant à une même dénomination et souvent à un même type morphologique. Par contre, il n'apporte que des données fragmentaires sur la valeur culturale des différents types de choux, laquelle est la résultante d'un ensemble de caractères physiologiques parmi lesquels nous retiendrons surtout :

— La Précocité.

— La Résistance au froid.

— La Productivité.

— Et la Valeur nutritive.

1° Précocité

Si la précocité envisagée comme le délai d'obtention d'un stade défini n'a aucune valeur pratique, il n'en est pas de même du *rythme de croissance* de la plante exprimé en fonction de la productivité maximum de celle-ci, facteur important du choix des variétés suivant l'époque de récolte et la durée d'utilisation envisagées. Bien que l'état actuel des travaux entrepris à Rennes interdise toute conclusion prématurée, il s'avère indéniable que dans les conditions habituelles de culture les choux Moelliers et leurs dérivés sont des variétés précoces, tandis que le Cavalier reste le type de chou à croissance lente et continue. En contrepartie, les types les plus précoces sont en général les moins persistants, se défeuillant plus rapidement en faisant preuve d'une moindre résistance au froid.

2° Résistance au froid

La résistance au froid s'avère souvent le facteur limitant du choix des variétés lorsqu'on envisage l'échelonnement de la récolte de fourrage frais sur une longue période y compris le plein hiver. La différenciation très accusée des variétés à cet égard s'explique en fait par le comportement respectif des différents organes de la plante. Un ensemble de données — confirmant les observations antérieures — ont été réunies en 1956 à la suite de la vague de froid du mois de février, caractérisée, non seulement par sa longue durée (sol gelé pendant un mois), mais aussi par un brusque abaissement de température (avec un minimum de — 14° au voisinage du sol dès le troisième jour de gelée), survenant après une longue période de temps doux et humide très favorable jusqu'alors à la végétation de toutes les variétés. Nous pouvons en tirer les déductions suivantes :

Le *système radiculaire*, pratiquement indemne dans les circonstances indiquées, supporte très bien des froids rigoureux.

Sur la *tige*, l'importance des dégâts dus au froid est en corrélation étroite avec sa structure, notamment avec le développement de la moelle, tissu souvent gorgé d'eau. Le gel provoque l'éclatement des cellules, puis leur désagrégation ; au dégel la pourriture envahit ces tissus désagrégés et s'étend plus ou moins à l'ensemble de la tige. La résistance au froid très faible chez le Moellier gros gigot atteint son maximum chez la tige grêle et dure du Cavalier dont seule la partie terminale, siège de la croissance, reste tendre et délicate.

Pour le *feuillage*, la sensibilité au froid paraît liée à l'ampleur du limbe et à sa structure, mais surtout à l'importance du pétiole et des nervures, organes charnus sur lesquels le gel provoque plus facilement la désagrégation des cellules. Aussi le feuillage ample, tendre, fortement veiné et pétiolé du Fourrager Jaune se révèle-t-il le plus délicat. Sa destruction était presque totale dans nos essais dès les premiers jours de

froid, cependant que les dégâts, considérables en définitive, se manifestaient plus lentement sur le feuillage vert sombre et plus fortement cutinisé des autres choux feuillus. Par contre, chez le Cavalier vert typique, les dégâts étaient limités aux feuilles de base et seul le Caulet des Flandres présentait au dégel un feuillage presqu'indemne. Dans le groupe très hétérogène des Branchus on observait des dégâts partiels, très variables sur feuilles et ramifications, suivant le développement des plantes et le degré de protection des ramifications, certains Mille-têtes anglais faisant preuve d'une résistance comparable à celle du Cavalier Vert. Enfin, chez le Moellier, la résistance propre du feuillage est difficile à apprécier par suite des destructions de tiges.

Pour *l'ensemble de la plante*, le classement pratique des principaux types de choux, s'établit comme suit par ordre de résistance au froid croissante :

1° Variétés très sensibles : Fourrager Jaune et Moellier.

2° Variétés sensibles : Choux à tige demi-moellière.

3° Variétés de sensibilité moyenne : Fourrager de la Sarthe et Branchu du Poitou.

4° Variétés résistantes : Cavalier vert et Mille têtes anglais.

5° Variétés très résistantes : Caulet des Flandres.

3° Productivité

Pour les raisons déjà indiquées, une classification des variétés de choux sous le rapport de la *productivité globale* est difficile à établir et d'un intérêt pratique souvent secondaire étant donné l'interférence d'autres facteurs tels le rythme de croissance et la rusticité pour déterminer le choix des variétés suivant la destination du fourrage et le climat. Il semble toutefois acquis que les variétés les plus rustiques, les plus résistantes au froid sont en même temps des variétés d'une productivité relativement faible en conditions favorables.

Rappelons aussi que la productivité intrinsèque de la plante peut vraisemblablement être accrue par la pratique de l'*Effeuillage* à laquelle se prêtent surtout :

— soit des variétés à feuillage ample et abondant capables de régénérer celui-ci, au moins partiellement, à bref délai (Choux feuillus),

— soit des variétés à croissance lente et continue susceptibles de subir des effeuillages modérés certes, mais répétés au cours d'une longue période (Choux Cavaliers).

On conçoit donc l'importance pratique de la *Productivité en feuilles* pour laquelle les choux feuillus se classent nettement en tête, suivis du Cavalier, tandis que le Moellier gros gigot fait figure d'exception, la tige, organe dominant de la plante, pouvant constituer jusqu'à 75 p. 100 du

poids total de celle-ci. Quant aux choux Branchus et aux Mille-têtes, ces derniers inaptes à l'effeuillage, ils peuvent aussi fournir une masse de feuillage (y compris les ramifications tendres) comparable à celle des choux feuillus.

Nous présentons ci-après, pour illustrer cette étude, un tableau résumant l'ensemble des résultats d'un essai réalisé à Rennes (domaine de la Harpe) en 1955-56, après Escourgeon, avec une bonne fumure organique et minérale, et portant sur des variétés bien caractérisées repiquées le 12 juillet à grand écartement (0,70 × 0,70 m). Deux récoltes ont été effectuées les 20 novembre et 27 décembre ; par suite des conditions climatiques favorables dans cet intervalle de temps, les rendements et surtout le classement des variétés n'ont pas subi de modifications sensibles entre la 1re et la 2e récolte ; c'est pourquoi, sur le tableau, ne figurent que les moyennes variétales.

TABLEAU IV

Essai comparatif de variétés de choux fourragers (*Rennes* 1955-1956). *Rendement global en fourrage frais et sec et participation des feuilles à la récolte totale* (*moyenne de 2 récoltes*).

Variétés	Plante entière		Feuillage		
	Ton/ha	% du Moellier	% du total	Ton/ha	% du Moellier
	Rendement en fourrage frais				
Moellier blanc	62,2	*100*	28,7	17,8	*100*
Fourrager Vert de Cholet	63,6	101,8	70,1	44,7	251,1
Fourrager Jaune	60,6	97,4	70,8	42,9	241,0
Branchu du Poitou	50,3	80,9	68,2	34,3	192,7
Fourrager de la Sarthe	44,5	71,5	78,7	35,1	197,2
Cavalier Vert	38,0	61,1	74,1	28,2	158,4
p. p. d. s.	2,7	4,3		2,0	11,2
	Rendement en matière sèche				
Moellier blanc	6,37	*100*	32,0	2,03	*100*
Fourrager Vert de Cholet	7,56	118,7	68,2	5,14	253,2
Fourrager Jaune	6,09	95,6	68,9	4,19	206,4
Branchu du Poitou	6,03	94,7	66,6	4,00	202,5
Fourrager de la Sarthe	5,48	86,0	75,0	4,11	197,0
Cavalier Vert	5,10	80,1	69,0	3,51	172,9
p. p. d. s.	0,30	4,7		0,21	10,3

Sans entrer dans le détail des commentaires auxquels l'examen de ce tableau se prête, nous retiendrons surtout :

1° — L'orientation manifeste de toutes les variétés, sauf le Moellier, vers la *production du feuillage*, ce caractère atteignant son maximum chez le Fourrager de la Sarthe à tige grêle et courte.

2° — *La supériorité d'ensemble* pour le rendement global des variétés à *tige moellière et demi-moellière* relativement favorisées par les conditions climatiques de l'automne.

Il convient de rappeler ici (cf. tableau II,) que dans nos essais,

des variétés identiques (Moellier, Fourrager Jaune) ou comparables (Cavalier et Mille-têtes anglais) se sont comportées de la même façon en semis dense ou en repiquage à grand écartement. En particulier seuls, le Cavalier et le Mille-têtes ont fait preuve d'une résistance suffisante au froid pour être récoltables, après le dégel, avec des rendements atteignant ou dépassant, en matière sèche/hectare, les 3/4 du rendement maximum obtenu en novembre. Variétés les moins productives, elles se sont révélées en même temps, dans ces circonstances, exceptionnelles il est vrai, les seules variétés de sécurité.

Qualité. Valeur nutritive

La qualité du fourrage, sa valeur nutritive, est déterminée à la fois par sa composition chimique et par la digestibilité des principes nutritifs ; on conçoit qu'elle puisse varier dans de notables proportions suivant la nature des organes qui composent le fourrage en particulier dans le cas des plantes entières, suivant la proportion et la structure des tiges.

La *feuille* est considérée comme *plus nutritive que la tige* ; dès 1934 Wochlbier et Schramm ont établi la supériorité de la feuille du point de vue digestibilité chez le Moellier et suivant Vorn et Muhl (1935) la digestibilité du feuillage est constante, tandis que celle de la tige diminue avec l'âge en même temps que sa lignification s'accentue. Il s'ensuit que si la digestibilité des feuilles peut être considérée comme indépendante du type de plante, il n'en est pas de même pour la tige ; c'est pourquoi d'ailleurs Morrison distingue des « autres choux » les choux moelliers auxquels il attribue une digestibilité supérieure.

En France, la plupart des laboratoires spécialisés interprètent leurs analyses à l'aide des tables d'alimentation du Pr Leroy — où figure une série unique de coefficients de digestibilité — et font varier ceux-ci en fonction du taux de cellulose.

Voici à titre documentaire les coefficients de digestibilité trouvés ou adoptés par les auteurs que nous venons de mentionner.

Tableau V

Coefficients de Digestibilité des Principes nutritifs du Chou Fourrager (valables pour ruminants).

Références	Matière azotée totale	Cellulose	Lignine	Extrait non azoté	Matière grasse
Professeur Leroy	72	71		80	57
Laboratoire d'analyses (Fr.)	70-74	69-73		78-82	
Morrison : Moellier	80	67	30	88	
Autres choux	79	59	30	82	
Wochlbier et Schramm :					
Moellier : Feuilles	83	90		90	47
Tige	70	51		88	69

En définitive, l'absence de bases précises en ce qui concerne la *Digestibilité du fourrage*, l'extrême variabilité des résultats d'analyse que nous avons pu consulter, ne nous permettent pas actuellement de chiffrer avec précision la valeur nutritive des différents types de choux ; en particulier l'application intégrale des tables du Pr LEROY pour nos essais nous a conduits à un parallélisme remarquable entre la teneur en matière sèche du fourrage frais et sa valeur fourragère exprimée en unités fourragères par kilo. C'est pourquoi, nous éliminerons dans la suite de cette étude tout problème de digestibilité, en attendant qu'une solution satisfaisante de celui-ci soit fournie par les recherches en cours dans le cadre de l'I. N. R. A. Nous nous contenterons d'insister sur deux points : la teneur en matière sèche du fourrage frais et sa richesse en matières azotées.

a) Teneur en Matière sèche du Fourrage frais.

Il nous a semblé intéressant de présenter des résultats expérimentaux obtenus à 20 ans d'intervalle dans des régions différentes, leur concordance relative permettant d'en tirer des conclusions substantielles.

TABLEAU VI

Teneur en Matière sèche de différentes variétés de Choux fourragers

Wageningen 1936 (Moyennes variétales).

Variétés	Tige		Feuille		Plante entière		Rt. en M.S./ha Plante entière	
	M.S. %	% Moëllier	M.S. %	% Moëllier	M.S. %	% Moëllier	T/ha	% Moëllier
Moëllier Goliath.....	12,3	*100*	12,2	*100*	12,2	*100*	5,16	*100*
Autres Moëlliers.....	11,6	95	11,8	97	11,6	95	4,54	88
	13,7	108	12,8	105	12,9	106	4,64	91
Branchus :								
Br. du Poitou (Fr.) .	14,1	115	11,6	95	12,4	102	5,00	97
Mille têtes (Fr.)	15,1	123	12,1	99	12,7	104	4,13	80
Autres origines.....	15,5	126	13,2	108	13,9	114	2,79	54
	19,4	158	15,0	123	16,6	136	3,77	73

Rennes 1955

(Moyenne de 2 récoltes).

Variétés	Tige		Feuille		Plante entière		Semis direct Plante entière	
	M.S. %	% Moellier	M.S. %	% Moellier	M.S. %	% Moellier	M.S. %	% Moellier
Moellier blanc (gros gigot)	9,8	*100*	11,4	*100*	10,3	*100*	9,8	*100*
Fourrager jaune	10,6	108,2	9,8	85,5	10,1	98,5	9,5	96,9
Fourrager de Cholet ..	12,8	130,6	11,6	101,8	12,0	117,1		
Branchu du Poitou ...	12,8	130,6	11,8	103,5	12,1	117,5		
Four. de la Sarthe ...	14,1	146,9	11,8	103,5	12,4	121,0		
Cavalier vert.....	16,1	164,3	12,5	109,6	13,5	131,7		
Mille-têtes anglais							11,9	121,4

Il est évident que *la teneur en matière sèche de la tige*, quoique susceptible de grandes variations, reste corrélative de sa structure ; elle est d'autant plus faible que son caractère moellier est plus accusé, la moelle étant de loin le tissu le plus aqueux de la tige ainsi qu'il ressort d'une expérience effectuée à Rennes en octobre 1956 (après un été très pluvieux) sur deux tiges de Moellier et dont voici les résultats :

	Teneur en matière sèche			Moelle % de la tige (en poids)	
	Moelle	Autres tissus	Tige entière	en vert	en matière sèche
	—	—	—	—	—
Tige n° 1.....	5,50	8,57	7,16	46,14	35,49
Tige n° 2.....	4,85	8,07	7,14	45,86	31,17

Il importe en outre de tenir compte de l'importance des parties lignifiées, ce qui explique la différence entre Cavalier Ordinaire et Fourrager de la Sarthe ; on constate d'ailleurs que la teneur en matière sèche de la tige s'accroît avec l'âge de celle-ci.

La *teneur en matière sèche du feuillage* beaucoup plus stable dans le temps — n'est pas liée systématiquement au type de plante bien que les différences variétales puissent être assez accusées ; c'est ainsi qu'à Wageningen certaines variétés de Branchus et Mille-têtes avaient un feuillage beaucoup plus riche que celui des types français expérimentés, ces derniers étant très comparables aux Moelliers sous ce rapport. Il semble en tout cas que la teneur en matière sèche des feuilles soit corrélative à la fois de la structure du limbe et du développement du pétiole et des nervures (d'où l'infériorité du Fourrager Jaune et la supériorité du Cavalier).

Quant à la *teneur en matière sèche de la plante entière*, elle laisse apparaître des différences variétales d'autant plus accusées que les variétés à tige riche en moelle sont en même temps celles dont la tige constitue normalement en poids une partie plus importante de l'ensemble de la plante. Dans les essais de Wageningen les écarts entre Choux Branchus français d'une part et Moelliers d'autre part, restent faibles, ces derniers étant relativement feuillus et pourvus d'une tige assez riche en matière sèche (type comparable au demi-moellier français). Par contre, dans nos essais de Rennes, le classement des variétés, plus nettement tranché — en semis comme en repiquage — coïncide de très près avec celui que nous avons établi pour la *résistance au froid*.

La prise en considération de la teneur en *matière sèche du fourrage* n'est pas sans *incidence sur les rendements*. En particulier dans nos essais (cf. tableau IV,) la supériorité du Fourrager de Cholet sur le Moellier et le Fourrager Jaune, à peine marquée pour le rendement brut, s'affirme sans conteste pour le rendement en matière sèche/ha, tandis que l'écart entre Moellier et Cavalier est réduit dans de notables proportions.

b) Teneur en matières azotées.

Le problème de l'apport de matières azotées est très important, le chou fourrager étant surtout destiné à l'alimentation du bétail laitier.

La *richesse en matières azotées du fourrage frais*, point essentiel du point de vue de la valeur nutritive, peut varier, suivant les conditions culturales, du simple au double pour des plantes — ou des parties de plantes — tout à fait comparables. Le moins qu'on puisse en dire, est donc qu'il s'agit d'un caractère *très fluctuant* ; c'est là le fait le plus notoire que mettent en évidence les nombreuses analyses effectuées, parmi lesquelles nous ne retiendrons, ici encore, que celles des essais de Wageningen en 1936 et de Rennes en 1955.

TABLEAU VII

Teneur du fourrage frais en matières azotées totales ($N \times 6$)

Wageningen 1936.

Variétés	Tige		Feuille		Plante entière		Rendement/ha (Plante entière)	
	M.A. %	% Moellier	M.A. %	% Moellier	M.A. %	% Moellier	Kg/ha	% Moellier
Moellier Goliath	2,06	*100*	2,76	*100*	2,35	*100*	970	*100*
Autres moelliers	1,79	87	2,60	94	2,23	95	740	76
	2,23	108	2,80	101	2,43	103	900	92
Branchus :								
Br. du Poitou (France)	2,28	111	2,48	90	2,36	100	910	94
Mille-têtes (France)	2,43	118	2,59	94	2,32	99	790	82
Autres origines	2,53	123	2,64	96	2,44	113	620	64
	3,03	147	3,41	124	3,03	129	800	78

Rennes 1955

Variétés	Repiquage							Semis dense Plante entière	
	Tige		Feuillage		*Feuilles* tige	Plante entière			
	M.A. %	% Moellier	M.A. %	% Moellier		M.A. %	% Moellier	M.A. %	% Moellier
Moellier G. G.	1,23	*100*	2,04	*100*	166	1,47	*100*	1,27	*100*
Fourrager jaune	1,36	110,6	1,39	68,1	102	1,38	95,2	1,25	98,4
Fourrager vert	1,23	100,0	1,60	78,4	130	1,49	101,4		
Branchu du Poitou	1,30	105,7	1,71	83,6	132	1,58	107,6		
Fourrager de la Sarthe.	1,67	135,8	1,70	83,3	102	1,69	115,0		
Cavalier	1,79	145,5	1,94	95,1	108	1,90	129,5		
Mille-têtes anglais								1,61	126,7

On voit que pour la *tige*, les Moelliers et demi-moelliers ont une teneur en azote très voisine, nettement plus faible que celle du Cavalier ou du Fourrager de la Sarthe, sans que les écarts observés entre les types extrêmes pour la teneur en matière sèche soient totalement compensés.

Pour le *feuillage*, l'infériorité d'ensemble des choux feuillus et des Branchus français est surtout accusée chez le Fourrager Jaune qui a une faible teneur en matière sèche. D'une façon générale, toutefois, le feuillage pris dans son ensemble, est plus riche que la tige, l'écart maximum (66 p. 100 à Rennes) étant observé chez le Moellier, à feuilles peu nombreuses et espacées.

Enfin, si l'on considère *l'ensemble de la plante*, il s'avère que ce sont les variétés les moins productives qui fournissent le fourrage le plus riche à la fois en matière sèche et en Azote, quel que soit le mode de culture.

Cette constatation nous conduit à tenir le plus grand compte des *Rendements en Matières Azotées/ha* qui pour les essais de Wageningen figurent au tableau VII et pour les essais de Rennes sont présentés ci-dessous en détail (tableau VIII).

TABLEAU VIII

Rendement en matières azotées /ha et participation des feuilles à la production totale.

Rennes 1955.

Variétés	Repiquage Plante entière		Feuillage			Semis plante entière	
	kg/ha	% Moellier	% total	Kg/ha	% Moellier	Kg/ha	% Moellier
Moellier	910	*100*	39,8	363	*100*	868	*100*
Fourrager Vert	943	103,6	75,3	790	217,7		
Fourrager Jaune	844	92,7	70,3	702	193,3	815	93,8
Br. du Poitou	788	86,6	78,2	675	186,0		
Four. de la Sarthe	754	82,9	78,7	627	172,6		
Cavalier	724	79,6	75,7	595	164,0		
Mille-têtes anglais						777	88,4

De l'examen de ces tableaux et en conclusion de cette étude, nous retiendrons deux faits essentiels :

1° *Le feuillage* constitue de beaucoup *la partie la plus utilisable et la plus riche* de la plante, fournissant 70 à 80 p. 100 de la matière sèche et de la matière protéique totale. Le Moellier fait exception à cette règle, c'est le seul type de chou dont la tige, organe souvent dominant, est d'ailleurs entièrement et facilement consommable par les animaux et se prête à un ensilage facile.

2° *Les variétés les plus productives en fourrage* sont en même temps capables de fournir avec une fumure abondante et équilibrée *le maximum d'unités fourragères et de matières azotées* à l'unité de surface ; mais comme il s'agit presque toujours de variétés peu rustiques, leur choix ne s'impose que dans la mesure où les facteurs climatiques ne viennent pas limiter, voire même interdire leur utilisation. En un mot, c'est avant tout le mode et l'époque de récolte qui doivent dicter, en fonction du climat

local le choix de la variété. C'est pourquoi, l'échelonnement de la récolte de fourrage frais sur une longue période depuis l'automne jusqu'à la fin de l'hiver, pourra être assuré avec le maximum de rentabilité par la culture simultanée de variétés de précocité décroissante et de résistance au froid croissante, chacune étant exploitée à son stade optimum. C'est pourquoi, aussi, il semble difficile de conclure à la supériorité manifeste d'un type de chou donné, l'intérêt agronomique de l'un ou l'autre étant surtout fonction de la valeur propre des biotypes d'une part et des conditions culturales de l'autre.

CONCLUSION

Le Chou fourrager est une plante dont la biologie n'est connue jusqu'ici que dans ses grandes lignes. L'étude physiologique précise de la croissance et du développement est une condition de base pour la solution des nombreux problèmes que pose de nos jours la culture du chou : modifications des techniques de récolte des choux repiqués, mise au point de techniques nouvelles de culture (semis direct en place à forte densité). La multiplicité des formes actuellement cultivées, laquelle résulte des conditions de sélection et de production des semences, accroît considérablement la complexité des recherches et la difficulté de généralisation des résultats expérimentaux. Il importe donc avant même d'envisager l'amélioration de la plante par des méthodes spéciales appropriées à la biologie florale du *Brassica Oleracea*, de parvenir au plus tôt à une normalisation des variétés existantes.

RÉSUMÉ

Le chou-fourrager

Le chou-fourrager (*Brassica oleracea* var. *acephala*) est une plante à grand développement et à cycle végétatif long qui se prête à des conditions de culture et de récolte très variées ; outre les exemples susceptibles de confirmer cette assertion dans le cas de la technique traditionnelle de culture — semis en pépinière et repiquage en place à grand espacement — on retiendra surtout l'utilisation, récente en France, du semis direct en place à forte densité, érigé en nouvelle méthode de culture et dont les résultats à l'échelle expérimentale, sont des plus encourageants.

Il s'agit en même temps d'une espèce végétale dont le polymorphisme très accusé résulte du caractère essentiellement allogame de la plante. Il se trouve favorisé en France, par les conditions très particulières de production des semences et l'absence de toute organisation dans ce domaine. On peut toutefois considérer l'ensemble des populations actuellement cultivées comme dérivées de trois types de base : Moëllier, Cavalier, Branchu, nettement différenciés du point de vue morphologique et physiologique. L'étude détaillée de leurs principaux caractères agronomiques respectifs : précocité, résistance au froid, pro-

ductivité, valeur nutritive, permet de conclure que dans l'état actuel de la sélection en matière de chou fourrager, les variétés les plus productives étant dans l'ensemble les moins rustiques, c'est avant tout le mode et l'époque de récolte qui doivent dicter, en fonction du climat local, le choix des variétés.

SUMMARY

The kale plant

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) is a plant having a large development and a long vegetative cycle which is adapted for various cultural and harvesting conditions ; in addition to the examples able to confirm this assertion in the case of the usual method of culture — seeding in nurseries and planting, well spaced-out, in the fields —, we shall keep chiefly the utilisation, recent in France, of direct sowing in the field with a high rate of seeding, as a new method of cultivation, whose results, on the experimental scale, are very hopeful.

We are concerned at the same time with a species whose very strong polymorphism comes from the allogamous character of the plant. It is favoured in France by the very special conditions of seed-production and by the absence of any organization in this field. All the populations cultivated nowadays may however be considered as originating from three basic types : Moëllier, Cavalier, Branchu, clearly differenciated morphologically and physiologically. The detailed study of their main agronomic characters : earliness, cold-resistance, productivity, nutritive value, allows the conclusion that in the present state of selection of kale, the more productive varieties being on the whole the less hardy, it is, primarily, the method and the time of harvest which must dominate the choice of varieties, according to the local climate.

РЕЗЮМЕ

Кормовая капуста.

ДЮ КРЭЮ.

Фуражная капуста (Brassica oleracea var. acephala) растение большого развития с длинным вегетативным циклом, подходит для различных условий культуры и эксплуатации. Помимо, традиционной техники, посев в питомнике и высадка в поле с большими интервалами, можно рассматривать использование, новое во Франции, прямого густого посева, экспериментальные результаты котораго являются весьма убедительными.

Капуста отличается, высоко выраженным, полиморфизмом, как следствие, преимущественнаго аллогамнаго характера растения. Во Франции, этому факту благоприятствуют совершенно особые условия производства семян и полное отсутствие организации в этой области.

Однако, можно рассматривать, что современные популяции происходят от трех основных типов : «Moëllier» (мякотные с толстым стержнем). «Cavalier» (высокие, тонко-стержные), «Branchu» (ветвистые) определенно, морфологически и физиологически, различных.

Подробное изучение их главных агрономических характеров : скороспелости, холодо-стойкости, производительности, питательной стоимости, позволяет заключить, что в настоящем состоянии селекции кормовой капусты-сорта наиболее урожайные являются, так-же наименее выносливыми. Выбор сортов должен определяться, прежде всего, способом и периодом урожая в зависимости от местнаго климата.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Futterkohl

Der Futterkohl (*Brassica oleracea* var. *acephala*) ist eine Pflanze mit gut ausgeprägter Entwicklung und langer Wachstumsdauer, weshalb er sich für die mannigfaltigsten Anbau- und Ernteverhältnisse eignet. Neben dieser Behauptung, die bestätigt wird durch das traditionelle Verfahren der Praxis (säen in Auzuchtbeeten und Auspflanzen im Felde mit weitem Abstand), wollen wir unsere Aufmerksamkeit einer neuen Nützung in Frankreich schenken. Es ist das unmittelbare Ausdrillen auf freiem Felde in enger Saatweite. Dies wurde in einer neuen Anbaumethode durchgeführt. Die Ergebnisse erweisen sich schon im Versuchsstadium als sehr ermutigend.

Es handelt sich zugleich um eine Pflanzenart deren stark ausgeprägter Polymorphismus bedingt ist durch das hervorstechende Merkmal des Fremdbefruchters. Diese Eigenschaft erfreut sich in Frankreich, angesichts des ganz besonderen Zustands der Saatzucht und der fehlenden Einrichtungen hierfür, einer grossen Beliebtheit.

Die Gesamtheit aller angebauten Pflanzensorten lassen sich von drei Grundtypen ableiten : Moëllier, Cavalier, Branchu, deutlich unterschieden in morphologischer und physiologischer Hinsicht. Eine gründliche Forschung ihrer hauptsächlichen landwirtschaftlichen Eigenschaften : Frühreife, Kälteresistenz, Ertragsfähigkeit und Nährwert, erlaubt es, die Schlussfolgerung zu ziehen, dass in der gegenwärtigen Lage der Züchtung von Futterkohl, die ertragfähigsten Sorten in der Regel zugleich jene sind, deren Haltbarkeit sehr gering ist.

Die Wahl der Sorten muss die Betrachtung der Erntezeiten und Erntebedingungen im Zusammenhang mit dem örtlichen Klima bestimmen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Becker Dilligen. (J.) — *Handbuch des Gesamten Pflanzen Baues*, 1938.

Attia (M. S.). — The Nature of incompatibility in Cabbage. *Proceed. Amer. Soc. Hort. Science*, **56**, 369-371, 1950.

Thompson (K. F.). — Self incompatibility in Marrow Stem Kale, *Brassica Oleracea* var. *acephala*. I. Demonstration of a sporophytic system. *Journal of Genetics*, **55**, **1**, 45-60, 1957.

Sansome (F. W.) and Philp (J. P.). — *Recent Advances in Plant Genetics*, 1939.

Vorn and Mühl. — *Verdanung und Eutternugestichemist Markstamn Kohl*, 1935.

I. V. R. O. — Wageningen 1938. *Expérimentation sur le Chou fourrager.*

Karlo Sostaric-Pisacjc (Dr Ing.). — Stocni Kelj. Institut de Recherches agronomiques. Zagreb (Yougoslavie), 1950.

I. N. R. A. — Compte rendu des travaux effectués à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes, 1953-1956.

Morrison. — *Feeds and Feeding.*

Wochlbier et Schramm. — Bierdermann's Zentbl. *B. Tierernährung*, 1934.

LES SORGHOS FOURRAGERS

PAR

A. COTTE

Station d'Amélioration des Plantes, Montpellier.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Sorghos sucrés.**
- Principaux caractères des sorghos sucrés fourragers :
  - Précocité.
  - Productivité-fourrage : tallage, dimensions des tiges, nombre et dimensions des feuilles, teneur en matière sèche.
  - Productivité-grain.
  - Résistance à la verse.
- Choix des variétés.
- Utilisation fourragère des sorghos sucrés.
  - Semis.
  - Entretien de la culture.
  - Stade de récolte :
    - Toxicité des sorghos.
    - Valeur nutritive.

II. — **Sudan-grass.**

L'aire de culture du Sorgho, graminée des zones tropicales et subtropicales, s'est étendue en raison de ses qualités remarquables de résistance à la sécheresse et à la chaleur, aux régions tempérées de l'Ancien et du Nouveau Monde où il est exploité comme céréale, comme fourrage ou comme plante industrielle destinée à la fabrication de balais, de sirops sucrés ou d'alcool.

De ces diverses utilisations, c'est probablement la production fourragère qui est la plus développée. A cette fin, on emploie principalement les sorghos sucrés et les sudan-grass.

I. — SORGHOS SUCRÉS

Ces sorghos sont caractérisés essentiellement par la présence dans leur tige d'une moelle juteuse et sucrée. Selon leur teneur en sucre, il est courant de distinguer :

les *sorghos sucriers* — sugar sorghum, sorgo, saccharine sorghum — assez riches pour être traités par l'industrie pour la fabrication de sirops sucrés et d'alcool ;

les *sorghos sucrés* — sweet sorghum — plus pauvres en sucre et réservés à la production de fourrage ou de grain.

Dans cet exposé on ne tiendra pas compte de cette distinction ; les deux catégories seront réunies sous le terme général de sorghos sucrés.

Du point de vue *botanique*, les sorghos sucrés appartiennent, selon les systématiciens, soit à diverses espèces du genre *Sorghum* Mœnch, soit à des sous-espèces ou des variétés botaniques de *Sorghum Vulgare* Pers. (*Holcus Sorghum* L.), vaste espèce qui grouperait tous les sorghos annuels.

Si l'on adopte le premier mode de classification, les sorghos fourragers essayés en France relèvent pour la plupart de deux espèces : *Sorghum Saccharatum* Pers. et *Sorghum Bicolor* (Linné) Mœnch.

A *Sorghum Saccharatum* Pers. se rattachent les variétés *Amber, Rancher, Honey, Manitoba Honey Drip, Sorgho Sucré de la Drome*, etc. qui dériveraient d'un sorgho sucré (Chinese Amber) importé de Chine en France en 1851 et de France aux Etats-Unis en 1853.

Ces variétés ont en commun des panicules lâches à très lâches, ouvertes, des glumes noires, grises ou rougeâtres enveloppant parfois complètement le grain. Elles sont de précocité très échelonnée et de richesse en sucre très variable de 3 à 20 p. 100 du poids de la tige.

Sorghum Bicolor possède des panicules plus compactes, des glumes rouge foncé à noires avec des grains dépassant les glumes dont ils se séparent au battage. La teneur en sucre est toujours assez élevée (12 à 20 p. 100). Les variétés du groupe « Orange » : *Kansas Orange, Waconia Orange*, etc. qui sont généralement demi-tardives ou tardives se classent dans cette espèce. Elles tireraient leur origine de sorghos importés d'Afrique du Sud aux Etats-Unis en 1857.

Principaux caractères des sorghos sucres fourragers.

Les données dont il sera fait état ci-après ont été recueillies au cours d'études poursuivies au Laboratoire de Recherches (I. N. R. A.) de la Chaire d'Agriculture de l'E. N. A. de Montpellier sur une vingtaine de variétés de sorghos sucrés provenant d'Algérie (sélections du Professeur Laumont), d'Italie, des Etats-Unis et du Canada.

Les caractères étudiés ici concernent les aptitudes culturales de ces sorghos envisagées du point de vue de la production fourragère.

Précocité

Les notations effectuées sur les variétés de la collection durant la période 1948-51 ont permis de dresser l'échelle de précocité ci-dessous :

	Durée levée-épiaison (durées extrêmes en jours à Montpellier)	Durée levée-maturité (extrêmes en jours à Montpellier)
Variétés précoces :		
Gaoljan	45-53	85-95
Amber (lignées diverses) Rancher	40-55	90-110
Variétés demi-précoces :		
Sucré Drôme	46-63	95-115
Sucré Drôme l. 13	46-60	95-115
Sucré École de Montpellier	59-69	100-120
Variétés de précocité moyenne :		
Axtell, Ellis Sorgo, Dwarf Leoti × Atlas	65-69	115-125
Manitoba Honey Drip (plusieurs lignées)	55-74	100-128
Rox Orange	70-73	115-125
Variétés demi-tardives :		
Waconia (plusieurs lignées)	63-76	115-130
Rosso Lombardo (d°)	67-86	117-135
S 42-126	68-75	120-135
Variétés tardives :		
Honey (lignées diverses)	69-96	125-140
Early Kansas Orange	79-88	130-140
Orange Néro	72-89	133-145
Dans Cane Seeded Ribbon	65-80	125-135
Sumac	72-96	135- ?
African Millet	78-98	?

Productivité-fourrage

Le poids de *fourrage frais* produit à l'unité de surface par une variété dépend :

— du nombre de tiges à l'unité de surface, lequel résulte dans une certaine mesure du nombre de tiges par plante, donc de l'aptitude au tallage de la variété ;

— de la hauteur et de la grosseur de ses tiges ;

— du nombre des feuilles par tige et de leurs dimensions.

Son rendement en *matière sèche/ha* est déterminé par deux composantes :

— le poids frais/ha ;

— la teneur en matière sèche.

Tallage

L'aptitude au tallage varie considérablement avec les variétés. Le tallage le plus important est observé chez des variétés précoces de *Sorghum Saccharatum*, comme *Amber* ou *Rancher*. En semis à grand écartement (70 cm × 30 cm) en 1948, l'indice de tallage-panicule de *Amber* est de 5 à 7, alors que chez les Sorghos demi-tardifs ou tardifs des espèces *S. Bicolor* ou *S. Saccharatum*, il n'est dans les mêmes conditions que de 2 à 3.

L'aptitude au tallage semble un facteur de la productivité-fourrage d'une importance secondaire par rapport aux dimensions des tiges ou à l'abondance du feuillage, un tallage faible pouvant être compensé par un semis plus dense. Par ailleurs, un tallage abondant peut être un facteur d'hétérogénéité de la culture ; en effet, dans la plante de Sorgho, c'est la tige principale qui épie la première, puis, les talles successivement selon leur ordre d'apparition, les dernières formées ne montant habituellement pas. Les talles tardives sont moins riches en matière sèche au moment de la récolte. Une variété à tallage faible donne une plantation plus homogène où le maximum de tiges sont récoltées à l'optimum de leur valeur nutritive. Cette recherche d'un développement homogène de la culture revêt, évidemment, une importance plus grande quand il s'agit de récolter le grain pour lequel une maturité régulière est nécessaire.

Dimensions des tiges

D'une manière générale, les sorghos les plus tardifs : *African Millet, Sumac, Texas Seeded Ribbon Cane,* etc. possèdent les tiges les plus grandes et les plus grosses. Elles mesurent à Montpellier 2,20 m à 3 m de hauteur, tandis que chez les sortes précoces : *Amber, Rancher, Gaoljan,* etc. cultivées dans les mêmes conditions, elles ne dépassent guère 2 m.

Nombre et dimensions des feuilles

Ce sont encore les variétés tardives qui ont le plus de feuilles et les feuilles les plus grandes. Le nombre moyen de feuilles portées par la tige principale passe de 12 chez les sorghos précoces : *Amber, Gaoljan,* à 14 chez Sorgho Sucré de la Drôme demi-précoce et à 16 à 18 chez les types « Orange » demi-tardifs à tardifs.

La production-ha élevée en fourrage frais sera en conséquence attendue des variétés tardives de grande taille à feuillage abondant.

Teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche du fourrage récolté dépend du stade de récolte. Cependant, pour un même âge physiologique, les variétés demi-tardives ou tardives paraissent donner le fourrage le plus riche en matière sèche. Comme elles produisent davantage de matière verte, ce sont elles qui offrent la capacité de production la plus élevée en matière-sèche/ha. Cependant il est remarquable de trouver chez des variétés de moyenne saison, comme *Rox Orange,* des teneurs aussi élevées que chez les plus tardives.

La matière sèche de ces sorghos contient en forte proportion des sucres.

Dans des analyses effectuées en 1949 à Montpellier, on relève, pour des plantes récoltées à la maturité du grain :

Variétés	Matière sèche % du poids des tiges	Sucre % du poids des tiges
Orange Néro	28	15,1
Honey	22	18,5
Rosso Lombardo	25	17,9
Waconia Orange	28	18,4
Sucré de la Drôme	19	5,6
Amber	22	7,1

Il convient de signaler que les sorghos à grain du type *Hégari* ont également une tige sucrée ; mais, en raison de leurs tiges courtes, ils sont insuffisamment productifs pour être cultivés comme fourrage ; le fourrage ne constitue alors qu'un sous-produit de la production de grain.

Productivité-grain

Les meilleurs rendements en grain ont été obtenus avec des variétés de *S. Saccharatum* et notamment des précoces ou demi-précoces, comme *Amber* et *Sucré de la Drôme*. C'est ce qui a été constaté, notamment, dans un essai de 1949 :

Variétés	Rendement en grain (à 14 % d'humidité)	
	Par plante (en g)	Indice de comparaison
Sucré de la Drôme	75	100 = 53,5 q/ha
Amber	64,6	86,1
M. Honey Drip	61,1	81,4
Rosso Lombardo	55,7	74,2
Orange Néro	53,9	71,8
Honey	53,8	71,7
Waconia	50	66,6

Différence significative pour le seuil de 0,05 = 14,52 g.

Résistance à la verse

Elle est très satisfaisante pour l'ensemble des variétés essayées, à l'exception des précoces : *Amber, Rancher* et à un moindre degré *Sorgho Sucré de la Drôme*. En outre, les larves de pyrale et de sésamies qui creusent des galeries dans les tiges peuvent amener la cassure de celles-ci au cours de la phase de maturation de la plante.

Choix des variétés.

Chez le Sorgho, comme chez le Maïs, le rendement en matière sèche/ha est, donc, en liaison directe avec la tardivité de la variété lorsqu'aucun facteur du milieu et notamment l'eau, la fertilité du sol ou la température n'intervient pour limiter le rendement.

A la suite de l'expérimentation effectuée à l'Ecole de Montpellier, à la Ferme Expérimentale de Loudes à Castelnaudary et au Domaine du Merle, près de Salon-de-Provence, deux variétés de précocité différente ont été retenues et multipliées.

Ce sont : *Sorgho Sucré de la Drôme*, lignée 13 et *Rox Orange*.

Sucré de la Drôme, l. 13 a été obtenu à Montpellier par sélection dans une population de *S. Saccharatum*, originaire des Etats-Unis et cultivée dans la Drôme depuis l'avant-guerre. Peut-être, s'agissait-il du Sorgho Sucré Hâtif du Minnesota? La lignée multipliée se caractérise par des tiges assez grandes (170-230 cm de hauteur à Montpellier), un feuillage abondant, des talles assez nombreuses, des panicules lâches portant des grains vêtus de glumes noires, un poids de 1000 grains de 18 à 20 g. Demi-précoce, elle donne un bon rendement en grain ; sa tige est d'une teneur assez faible en sucre (6 à 12 p. 100).

Rox Orange, variété du groupe « Orange » introduite des Etats-Unis, possède des tiges plus épaisses, plus résistantes à la verse, de taille plus grande (2 m-2,50 m) que Sucré de la Drôme, avec un feuillage plus important et un tallage un peu plus faible. Les panicules sont plus compactes, de forme ovale-allongée ; les glumes rouge-vif ne dépassent pas la moitié de la longueur du grain qui s'en sépare au battage. Le poids de 1000 grains est de 20 à 23 g. Les tiges sont riches en sucre (15 à 18 p. 100). Plus tardif que Sucré de la Drôme, il donne une récolte plus élevée tant en fourrage vert qu'en matière sèche, mais plus faible en grain.

Dans les situations suffisamment chaudes et humides, naturellement ou grâce à l'appoint d'eau d'irrigation, on pourrait cultiver un sorgho plus tardif, tel que *Rosso Lombardo* capable de donner une masse fourragère plus grande que *Rox Orange* avec une teneur en matière sèche et en sucre aussi bonne.

Il ne semble pas qu'en France Métropolitaine, même sous les conditions climatiques les plus favorables, il puisse être avantageux de faire appel à des variétés plus tardives.

Utilisation fourragère des sorghos sucrés.

Assez analogues à celles du maïs, la culture et l'utilisation fourragère des sorghos sucrés comportent cependant quelques particularités qui découlent de la biologie de la plante.

Semis

Le grain de sorgho exige pour germer davantage de chaleur que celui du maïs. Le semis ne devra pas être exécuté avant que la température du sol n'atteigne 12°, c'est-à-dire qu'il débutera au moins 15 jours plus tard que celui du maïs.

Le grain étant petit et d'une levée délicate devra être placé dans un sol ayant reçu une préparation beaucoup plus poussée que pour le maïs ; il sera peu enterré, à 2-3 cm de profondeur seulement.

Entretien de la culture

Les sorghos ayant un premier développement très lent, le semis en ligne sera préférable car il permettra de donner un binage après la levée. Lorsque la montée se déclenche, elle est très rapide ; la culture devient étouffante vis-à-vis des mauvaises herbes.

Stade de récolte

Le choix du stade de récolte est commandé par deux considérations :

— la présence dans la plante d'un glucoside cyanogénétique toxique : la durrhine durant les premières phases de son développement ;

— la recherche du maximum de valeur nutritive.

a) Toxicité des sorghos

En soumettant à la réaction de l'acide cyanhydrique au papier picro-sodé préparé selon la formule de Guignard, les sorghos sucrés de la collection de Montpellier à divers stades de leur développement, on a pu constater la présence de durrhine chez la plupart des variétés de la levée jusqu'à l'épiaison et chez quelques-unes : *Amber, Orange, Néro, Gaoljan,* jusqu'à la floraison.

Ces résultats concordant avec ceux de la plupart des chercheurs qui se sont intéressés à cette question montrent qu'il peut être dangereux de faire pâturer ou de distribuer en vert au bétail, bovin surtout, des plantes de sorgho *avant la floraison*. Le risque est d'ailleurs plus grand lorsque la croissance des sorghos se trouve ralentie par le froid ou la sécheresse. Par contre, les plantes peuvent être utilisées quel que soit leur âge ou leur état pour l'ensilage ou le fanage, la durrhine disparaissant pratiquement des fourrages ensilés ou fanés.

Il existe des différences sensibles quant à la teneur en durrhine des variétés.

b) Valeur nutritive

En vue d'étudier expérimentalement l'évolution de la valeur nutritive de la culture de sorgho-fourrager de la floraison à la maturité du grain et de préciser en conséquence, le stade de récolte le plus avantageux, un essai a été réalisé en 1952 à Montpellier.

Disposé selon la méthode des blocs, avec 6 répétitions, variétés et traitements étant considérés de manière indépendante, il portait sur 2

variétés : *Sucré de la Drôme* l. 13 et Rox *Orange*, destinées à être récoltées à quatre stades de développement différents :

— début floraison ;

— stade laiteux du grain ;

— début du stade pâteux du grain, époque de récolte souvent conseillée par les agronomes américains.

— maturité du grain.

Par suite du temps très sec — 94 mm. d'eau durant la période du semis à la dernière récolte dont plus de la moitié entre le semis et la levée — et très chaud — température moyenne supérieure à 22° — seule la variété *Sucré de la Drôme* a pu être retenue ; encore ses rendements ont-ils été médiocres.

Les résultats de cet essai sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Stade de récolte	Rendement en poids frais		Rendement en M. S.		Indice de comparaison		Unités fourragères à l'ha	Protides digestibles à l'ha (kg)
	Moy. par parcelle (kg)	Par ha (kg)	%	Par ha (kg)	Poids frais	Matières sèches		
Début floraison	19,56	14 100	28,7	4 042	100	100	2 115	160
Grain laiteux	18,56	13 450	31,9	4 291	95	105,7	2 421	154
Début grain pâteux	17,85	12 900	35,1	4 493	91,5	111,1	2 580	137
Maturité du grain :								
plante entière	17,63	12 800	44	5 622	90	139	3 584	218
plantes sans les panicules	13,3	10 000	36	3 600	70	89	2 000	90
grain	2,4	1 740	86	1 496			1 548	33
total				5 096		126	3 548	123
P. P. d, S. pr P = 0,05		1,67 kg						

Bien qu'en raison des conditions climatiques très défavorables, les résultats de cet essai soient peu significatifs, il met cependant en évidence l'accroissement de la récolte en matière sèche/ha de la floraison de la plante à la maturité de son grain. La quantité de protides digestibles obtenue s'accroît parallèlement de la floraison à la maturité, la teneur du fourrage en cet élément passant durant cette période de 11,4 g à 17 g par kg, la diminution anormale constatée aux stades laiteux et pâteux du grain pouvant s'expliquer par l'hétérogénéité de la végétation du champ d'essai qui n'a pu être compensée par l'importance des échantillons prélevés pour l'analyse. La teneur en cellulose de la plante, par contre, varie peu durant la phase floraison-maturité. Elle diminue en valeur relative au sein de la matière sèche passant de 25 à 18,6 p. 100, tandis que se forment les sucres dans la tige et l'amidon dans les grains.

Il semble donc, qu'*il n'y a pas lieu de hâter la récolte du sorgho fourrager* surtout quand il est destiné à l'ensilage. La récolte à la maturité en exploitant à la fois le grain et les parties vertes de la plante permet de tirer de la culture le maximum de valeur nutritive.

II. — SUDAN-GRASS

Le *Sudan-Grass* (*S. Sudanense Stapf ou S. Vulgare var. Sudanense Piper*) se distingue des autres sorghos par ses tiges minces, ses feuilles étroites, son tallage très abondant, ses panicules très lâches, pyramidales, ses semences vêtues souvent aristées, de couleurs diverses : noires, rougeâtres, jaune-paille, marron, violacées. Le poids de 1 000 semences varie de 10 à 16 g.

Plusieurs variétés ont été expérimentées à Montpellier, issues de différentes provenances : Ecole de Montpellier (*Origine inconnue*), Brésil, Station de la Estanzuela (*Uruguay*), Algérie (*Sorgho Menu*), Italie (*Sorgo Sottile Satiro, Sorgo Sottile Saturno* de l'Institut de Bologne,) Etats-Unis (*Sweet-Sudan*).

Les *Sudan-grass* (provenances École, Brésil, La Estanzuela), *Sweet-Sudan* et *Sorgo Sottile Satiro* se ressemblent beaucoup en végétation. Les différences observées portent sur la taille des plantes : *S. Sottile Satiro* étant le plus court, et *Sudan-Grass Ecole* le plus grand, la grosseur des tiges, la couleur des semences : bigarrées chez *Sudan- Grass Ecole,* marron clair chez La Estanzuela, terre de sienne chez *Sweet-Sudan,* noirâtres chez *Sottile Satiro.*

Sorgho Menu et *Sorgo Sottile Saturno* se distinguent des précédents par des tiges plus grosses, plus hautes, plus résistantes à la verse, un tallage un peu moins fort, des feuilles plus larges, des panicules plus grandes, des semences plus grosses (poids de 1 000 semences : 16 g au lieu de 10 à 13). Chez *Sorgho Menu,* les semences sont rouge foncé, parfois jaune paille ; elles sont jaune paille à marron chez *S. Sottile Saturno.*

Du point de vue de la *précocité,* ces sudan-grass se classent ainsi à Montpellier :

Variétés	Durée levée-épiaison (durées extrêmes en jours)	Durée levée-maturité (durées extrêmes en jours)
Sudan-Grass École de Montpellier et Sweet-Sudan .	35-51	82-103
Sudan-Grass La Estanzuela, Sudan Grass Brésil ..	40-55	83-109
Sorgo Sottile Satiro, Sorgo Sottile Saturno.....	45-61	90-112
Sorgho Menu	47-63	92-115

En ce qui concerne la *productivité,* les variétés *Sorgho Menu* et *S. Sottile Saturno* sont certainement supérieures aux autres ; elles ont l'inconvénient d'être plus tardives que *Sweet-Sudan* et *Sudan-Grass Ecole,* présentant par rapport à celles-ci un retard de 10 à 12 jours à l'épiaison.

Les Sudan-Grass ont l'avantage de repousser après la coupe si les conditions de température et d'humidité sont suffisantes. Comme les autres Sorghos, ils sont capables, après avoir souffert d'une longue période

de sécheresse, de reprendre leur croissance dès la première pluie alors que le maïs, placé dans de telles conditions ne repousse pas.

Un essai réalisé en 1950 à Montpellier montre les possibilités des Sudan-grass en comparaison avec le maïs.

Le semis de cet essai organisé selon la méthode des couples, avec le maïs *Wisconsin 641 AA* comme témoin, a eu lieu le 24 mai.

La récolte s'est faite :

— pour le maïs le 8 août, pour les Sudan-Grass le 29 juillet pour la 1re coupe, le 27 octobre, pour la 2e coupe, celle-ci ayant été retardée par la grande sécheresse de l'été.

Les résultats de cet essai ont été les suivants :

	Rendement en poids frais		Rendement en matière sèche		
	Kgs à l'ha	Indice de comparaison	Matière sèche %	Kgs à l'ha	Indice de comparaison
Maïs W 641 AA (témoin)	25 300	100	20	5 060	100
Sudan-Grass École :					
1re coupe.....	20 400	80,6 non signif.	38	7 752	153 non signif.
2e coupe	11 300		36	4 068	
Total	31 700	126 significatif		11 820	253 haut. signif.
Sweet-Sudan :					
1re coupe.....	26 500	104,6 non signif.	28	7 420	146 significatif
2e coupe	13 500			5 670	
Total	40 000	158 significatif	42	13 090	258 haut. signif.

Dans les conditions de sécheresse qui ont prévalu durant cet essai, les Sudan-Grass, grâce à leur aptitude à repousser après la coupe, ont donné une quantité de matière sèche/ha plus de deux fois supérieure à celle obtenue avec le maïs.

La variété *Sweet-Sudan* a été multipliée en France. Elle résulte d'un croisement effectué à la Station Expérimentale d'Agriculture du Texas (1932-1943) entre un Sudan-Grass et un Sorgho sucré (variété *Leoti*). Ses tiges renferment une moelle sucrée ; sa production de grain est supérieure à celle du *Sudan-Grass Ecole*.

Cette variété, en raison de son développement rapide, peut être cultivée pour la production fourragère jusque dans le bassin Parisien. La récolte peut être consommée en vert, fanée ou ensilée. Comme chez les autres sorghos, la tige renferme de la durrhine toxique jusqu'à la floraison. Il existe en Amérique de nouvelles variétés de Sudan-Grass, plus pauvres en ce glucoside et qui pourraient être pâturées sans risque à tous les stades de leur développement.

RÉSUMÉ

Une vingtaine de variétés de *sorghos sucrés* (Sorghum Saccharatum Pers., Sorghum Bicolor (Linné) Mœnch.) de diverses provenances ont été

étudiées à Montpellier du point de vue de la production fourragère. Les observations effectuées ont porté sur la précocité, sur la productivité-fourrage qui dépend du tallage, des dimensions des tiges, du nombre et des dimensions des feuilles, de la teneur en matière sèche de la plante, sur la productivité-grain et sur la résistance à la verse.

A la suite de l'expérimentation poursuivie dans le sud de la France, deux variétés de précocité différente ont été multipliées : *Sorgho Sucré de la Drôme lignée 13* et *Rox Orange*.

En vue de l'utilisation fourragère les sorghos sucrés doivent être semés plus tard que le maïs, de préférence en ligne, sur une préparation plus poussée du sol. En raison de la présence dans la plante d'un glucoside cyanogénétique toxique : la durrhine, les sorghos ne peuvent être pâturés ou distribués en vert au bétail qu'à partir de la floraison. Un essai a permis de constater que la valeur nutritive de la récolte s'accroît de la floraison à la maturité du grain.

Plusieurs variétés de *Sudan-Grass* (Sorghum Sudanense Stapf.) de diverses origines, ont également été expérimentées à Montpellier. Elles ont manifesté une résistance à la sécheresse supérieure à celle du maïs. La variété américaine *Sweet-Sudan*, à tiges sucrées, a été multipliée en France.

SUMMARY

Sorghum as a forage crop

About 20 varieties of sweet sorghums (*Sorghum saccharatum* Pers., *Sorghum bicolor* (Linné) Moench.) from different origins have been studied at Montpellier, for forage production. The observations have dealt with earliness, forage-yield which depends on tillering, stem-size, number and size of leaves, dry-matter content of the plant, seed-yield and lodging-resistance.

After experiments carried out in the South of France, two varieties with different precocities have been bred : *Sorgho sucré de la Drôme lignée 13* and *Rox Orange*.

With a view to fodder-utilization, sweet sorghums must be sown later than corn, preferably in rows, in a better prepared soil. Because of the presence in the plant of a toxic cyanogenetic glucoside : durrhine, sorghums can be grazed or fed green only after flowering. A trial has allowed to be established the fact that the nutritive value of the crop increases from flowering-time to grain-maturity.

Several varieties of Sudan-grass (*Sorghum sudanense* Stapf.) from different origins, have also been tried in Montpellier. They have shown a drought-resistance superior to corn. The american variety *Sweet-Sudan*, with sugared stems, has been bred in France.

ZUSAMMENFASSUNG

Mohrenhirse als Futterkraut

Ungefähr 20 süsse Mohrenhirsesorten (*Sorghum saccharatum* Pers., *Sorghum bicolor* (Linné) Moench) verschiedener Herkunft wurden vom Standpunkt der Futtererzeugung aus in Montpellier erforscht.

Die ausgeführten Untersuchungen prüften die Frühreife, die Futterertragsfähigkeit — sie hängt von der Bestockung, der Stengelgrösse, der Zahl und Grösse der Blätter und der Trockensubstanz der Pflanze ab, den Kornertrag und die Lagerfestigkeit. Nach den Versuchen in Südfrankreich wurden zwei Sorten vermehrt, die verschiedene Frühreife besitzen : Sorgho sucré de la Drôme lignée 13 und Rox Orange.

Für eine beabsichtigte Futternützung müssen die süssen Mohrenhirsen später als der Mais gesät werden und zwar vorzugsweise als Drillsaat auf einem besser vorbereiteten Boden. Da die Pflanze ein giftiges Blausäure bildendes Glukosid enthält, das Durrhine, kann sie nur nach der Blüte geweidet oder als Grünfutter genützt werden. Ein Versuch ergab, dass der Nährwert der Ernte von der Blüte bis zur Kornreife noch steigt.

Daneben wurden in Montpellier noch mehrere Sudan-Gras-Sorten (Sorghum sudanense Stapf.) verschiedener Abstammung untersucht. Sie zeigten eine bessere Dürreresistenz als der Mais. In Frankreich wurde die amerikanische Sorte, Sweet-Sudan, mit süssen Halmen, vermehrt.

РЕЗЮМЕ

Фуражные сорго.

КОТ.

В Монпелье было изученно около двадцати сортов сладкаго сорго (Sorghum Saccharatum pers. Sorghum bicolor [Linne] Moench.), различнаго происхождения для фуражнаго производства. Произведенные наблюдения касаются, скороспелости, фуражной урожайности, которая зависит от кущения, от размеров стеблей, от количества и размеров листьев, от количества сухого вещества в растении, а так-же производства зерна и устойчивости к полеганию.

Как следствие экспериментации, проведенной на Юге Франции, было размноженно два сорта, разной скороспелости : сладкое сорго из «Drôme» линия 13-ая и «Rox Orange».

Для фуражнаго пользования, сладкие сорго должны сеяться позже кукурузы, предпочтительно линейным посевом, на почву лучше приготовленную.

Из-за присутствия в растении цианногенной, токсической глюкозы : дюрина, сорго не может служить для пропаски или-же для зеленаго фуража до периода цветения.

Опыт показал, что питательная ценность урожая повышается от цветения до спелости зерна.

Несколько сортов суданской травы (Sorghum sudanense, Stopf.) разных происхождений были испробованны в Монпелье. Они показали большую сухостойкость чем кукуруза. Американский сорт «Sweet-Soudan» со сладкими стеблями был размножен во Франции.

LE TOURNESOL-FOURRAGE

PAR

A. COTTE

Station d'Amélioration des Plantes, Montpellier.

PLAN DU MÉMOIRE

Données biologiques.

Cycle végétatif.
Influence des facteurs externes sur le rendement en fourrage.
Variétés.

Données culturales.

Époque du semis.
Peuplement-hectare.
Stade de récolte.

Conclusion.

Le Tournesol (*Helianthus Annuus* L.) surtout connu en France comme plante oléagineuse est largement cultivé comme fourrage d'ensilage au Canada et dans le nord et le nord-ouest des Etats-Unis, de l'État du Wisconsin à celui de Washington.

Dans notre pays, cette utilisation du tournesol est assez exceptionnelle. Notre intention est de résumer ici les données biologiques et culturales relatives au tournesol-fourrage telles qu'elles découlent principalement des travaux effectués à Montpellier par MM. MAUME, HEBRARD, ALABOUVETTE et RAUTOU et à Rennes par MM. DIEHL, TSVETOUKHINE et BOURDON [1].

DONNÉES BIOLOGIQUES

Cycle végétatif

Germination.

La germination de la graine de tournesol commence vers 5° ; mais, pratiquement elle ne se fait bien qu'à 8-10°. La phase semis-levée exige pour un semis de 2-3 cm de profondeur une somme de température de 170°.

(1) Consulter in fine la bibliographie relative à ces questions.

La jeune plantule de tournesol est plus résistante au froid que celle de maïs. A Montpellier, un semis très précoce a supporté au stade cotylédonaire une température de — 13° au sol pendant quelques heures. Des gels durables de l'ordre de — 6° amènent un jaunissement de la plante qui reprend ensuite sa croissance lorsque la température s'élève.

Croissance.

La croissance du tournesol assez lente au début devient très rapide à partir de la différenciation des capitules. Sous le climat de Montpellier, il s'écoule en moyenne 20 jours entre le début de différenciation d'un

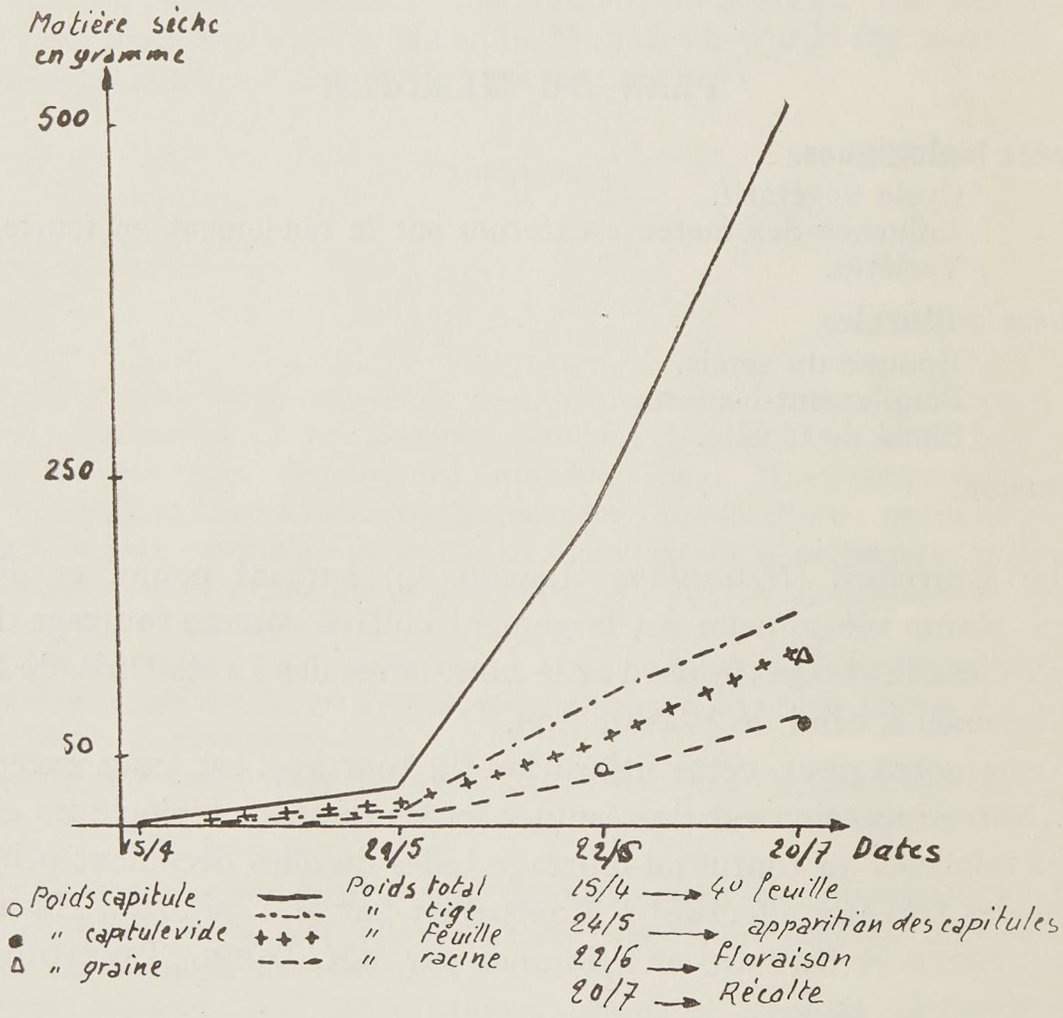


FIG. I. — Production (en gr) de la matière sèche à 100 degrés d'une plante-moyenne.

capitule et le début de la floraison. C'est à ce stade que la plante atteint son maximum de hauteur, tandis que le capitule continue à croître. Des augmentations journalières de diamètre de 3 à 5 mm ont été enregistrées sur celui-ci.

L. MAUME et HEBRARD ont étudié l'évolution de la production de la matière sèche d'un plant moyen de tournesol à différentes époques de son développement en envisageant séparément les différents organes de la plante : racines, tige, feuilles, capitule, graines.

C'est ce qu'exprime le graphique ci-dessus tiré de leur publication.

Il montre, notamment, que dès le début de la floraison, la matière sèche des tiges devient prépondérante sur celle de l'ensemble des feuilles. Or, comme l'a souligné D. BOURDON, les feuilles constituent la partie la plus nutritive de la plante. La matière sèche de la feuille renferme presqu'autant de protéine, autant de matières grasses et d'hydrates de carbone et beaucoup moins de cellulose que la luzerne et le pois récoltés au stade floraison avancé. La valeur fourragère des feuilles de tournesol est supérieure à celle de ces légumineuses avec 7,24 kg pour 1 unité fourragère contre 8,06 kg pour le pois fourrager et 9,9 kg pour la luzerne.

Dès que commence la floraison, les tiges se lignifient très vite ; puis, les feuilles de base se fanent.

Influence des facteurs externes sur le rendement en fourrage

Selon R. DIEHL et V. TSVETOUKHINE, l'eau et la température exercent sur le rendement une influence prépondérante. Les besoins en *eau* du tournesol sont en relation avec sa rapidité de croissance et la masse de fourrage qu'il est capable de produire. En 1948, à Rennes une récolte de 72 tonnes/ha de matière verte a été obtenue en 62 jours de végétation. L'importance des réserves d'eau du sol serait plus grande que celle de la pluviosité enregistrée pendant la végétation. Elle conditionne le nombre de plantes que le sol peut alimenter.

Le facteur *température* paraît avoir un rôle essentiel sur la durée de la phase végétative. Une corrélation inverse hautement significative existe entre la température et la durée de cette phase. Le coefficient de corrélation, calculé par R. DIEHL avec la formule de PEARSON a pour valeur $r = 0{,}790 \pm 0{,}055$. Les températures très élevées entraînent donc une réduction de la durée de la phase végétative qui s'accompagne d'une diminution du rendement en fourrage surtout quand les besoins en eau ne sont pas couverts normalement.

A Rennes, la période levée-récolte a varié dans les essais effectués avec la variété Tournesol n° 39 de Montpellier entre 34 et 71 jours. Les rendements en fourrage optima semblent avoir été atteints avec une durée de végétation d'environ 60-65 jours et des températures moyennes comprises entre 14,5 et 16°.

En outre, la *durée de l'éclairement* influerait aussi sur le rendement fourrage. A Rennes, les semis très précoces de fin mars-début avril et ceux très tardifs d'août qui végètent sous des durées d'éclairement de 12 à 15 h donnent en général une production plus faible que ceux qui bénéficient d'une durée du jour supérieure à 15 heures.

Variétés

Les feuilles constituant la partie la plus nutritive de la plante, il conviendrait de cultiver des variétés aussi riches en feuilles que possible et à tiges minces se lignifiant tardivement. Alors que la production oléagineuse exige des plantes à capitule unique, on peut pour le fourrage recourir à des types ramifiés à tiges se lignifiant moins vite. La ramification de la tige chez le tournesol se produit le plus souvent par développement des bourgeons axillaires de sa partie supérieure, lesquels donnent un rameau terminé par un capitule (caractéristique des tournesols ornementaux) plus rarement par évolution des bourgeons situés à l'aisselle des feuilles de la base de la tige en rameaux dont le développement est souvent éphémère. La tendance à la ramification de la tige est un caractère héréditaire dominant.

Pratiquement, on dispose en France des variétés de tournesols à huile qui sont monocapitulées. On peut les classer ainsi par ordre de précocité décroissante et de taille croissante :

— *tournesols nains noirs,*

— *tournesols à grain gris* strié, tels que le tournesol 39 de Montpellier,

— *tournesols géants* : noirs du Sud-Ouest, Hybride de Saint-Révérend.

A Montpellier, la durée de la période levée-début d'apparition des fleurons jaunes a varié de 67 à 118 jours des variétés les plus précoces aux plus tardives.

DONNÉES CULTURALES

Epoque du semis

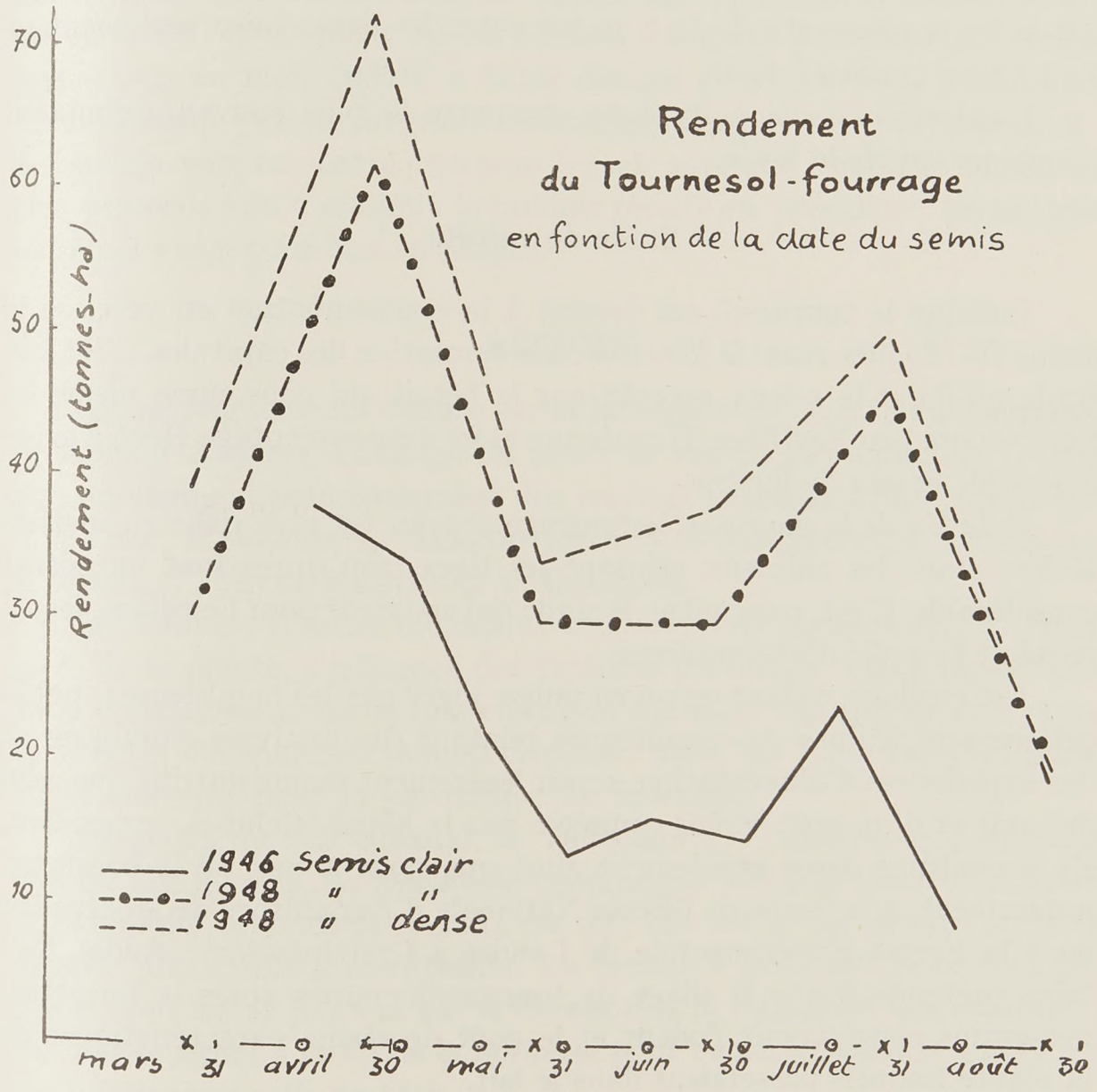
Le tournesol, ayant des exigences thermiques plus faibles que le maïs et résistant mieux aux basses températures peut être semé trois semaines plus tôt. Dans le Midi méditerranéen, où l'on recherche une période de végétation de la plante la plus précoce possible en raison des risques de sécheresse et de hautes températures, le semis débutera à la mi-mars.

A Rennes, les meilleurs rendements sont obtenus par des semis de la deuxième quinzaine d'avril. Ceci ressort très nettement du graphique ci-contre établi par R. DIEHL d'après les résultats de semis échelonnés de fin mars-début avril à fin août au cours des années 1946 et 1948.

A noter qu'en semis tardif effectué dans la deuxième quinzaine de juillet la courbe des rendements passe par un second maximum qui correspond à une intéressante récolte de fourrage vert, de 23 à 48 tonnes à l'ha, en fin d'été-début automne.

Peuplement hectare

La densité de peuplement doit être fonction d'abord de l'humidité, puis de la fertilité du sol. Autant que le permettent la profondeur du sol, sa capacité de rétention pour l'eau et la pluviosité probable pendant la période de végétation, un peuplement dense est susceptible de donner des



(Fig. II. — Extrait de C. R. Académie d'Agriculture N° 8 1949)

rendements plus élevés. Cependant le semis clair a l'avantage de fournir un fourrage plus riche en feuilles, ainsi que l'indiquent les déterminations ci-dessous faites en 1944 par R. Diehl et V. Tsvetoukhine :

	Tiges %	Feuilles % (en poids)
1er semis :		
Dense	65	35
Clair	51	49
2ème semis :		
Dense	72,3	27,7
Clair	60,2	39,8

Cependant, quand le fourrage est récolté assez jeune (10 jours avant floraison), les bovins consomment bien les tiges.

A Rennes, une densité de semis correspondant à environ *15 plantes au m²* paraît de nature à concilier rendement et qualité. Cela équivaut à un semis en lignes espacées de 50 cm, avec environ 30 kg de grains à l'ha, pour Tournesol 39.

A Montpellier, le climat impose un peuplement plus clair ; le semis se fait à des écartements de 50 à 70 cm entre les lignes avec seulement 10 à 15 kg de graines à l'ha.

L'entretien de la culture ne comporte le plus souvent qu'un seul binage peu après la levée.

Stade de récolte

Lorsque le tournesol est destiné à la consommation en vert, on le coupe *10-12 jours avant la floraison*, à la formation des capitules. C'est à ce stade qu'il est le mieux accepté par le bétail qui consomme même les tiges encore peu lignifiées. Il renferme alors un pourcentage élevé d'azote digestible et peu de lignine.

A la fin de la floraison, le fourrage obtenu est plus riche en matière sèche ; mais, les animaux refusant les tiges trop dures font un déchet considérable. C'est, par contre, le stade qui convient pour l'ensilage, lequel requiert l'emploi d'une ensileuse.

Cet ensilage, autant qu'on en puisse juger par les nombreuses publications américaines ou canadiennes relatant des analyses chimiques ou des expériences d'alimentation, serait légèrement moins nutritif que celui de maïs et d'un goût moins apprécié par le bétail. Celui-ci, cependant, s'y accoutume assez rapidement ainsi que nous avons pu le constater, notamment, à la ferme de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier ou à la Ferme Expérimentale de Loudes à Castelnaudary (Aude). Certains prétendent que le silage de tournesols coupés après la formation des grains conserverait l'odeur et le goût de résine caractéristiques de la plante lesquels passeraient dans le lait.

CONCLUSION

Du point de vue fourrager le tournesol se recommande par son développement plus rapide que celui du maïs, sa rapidité de croissance qui en fait l'une des plantes capable de donner le plus d'unités fourragères-hectare par jour de végétation et ses possibilités de production d'un fourrage de valeur nutritive intéressante, utilisable en vert ou de préférence en ensilage.

Sa précocité et sa résistance à la sècheresse le rendent précieux dans

le Midi et notamment en Languedoc où sa récolte arrive en juin, prenant la suite des fourrages annuels d'automne (vesces-avoine, escourgeon-trèfle incarnat) et précédant les maïs, sudan-grass et sorghos sucrés.

Dans l'Ouest, où la pluviosité est beaucoup mieux répartie, le tournesol peut être semé d'avril à fin juillet. En semis de fin avril, il est récolté fin juin-début juillet assez tôt pour laisser la place à une deuxième culture de fourrages annuels dont la réussite est cependant rendue aléatoire par suite de l'épuisement du sol en eau. Comparé pendant cinq années (1950-1954) au maïs cultivé à faible densité et récolté pour ensilage au début du stade pâteux du grain, le tournesol a produit en moyenne 44,8 t de fourrage vert-ha contre 55,6 pour le maïs avec une récolte de deux mois plus précoce. Afin d'enrichir le produit récolté en protides, l'association tournesol-vesce peut être envisagée.

RÉSUMÉ

Les renseignements donnés sur la biologie et la culture du Tournesol (*Helianthus Annuus*) envisagé du point de vue de la production fourragère proviennent principalement des travaux effectués à Montpellier par L. Maume, Hebrard, L. Alabouvette et S. Rautou et à Rennes par R. Diehl, V. Tsvetoukhine et D. Bourdon.

Les données d'ordre biologique concernent la germination, la croissance de la plante, l'influence des facteurs du milieu : eau,température, durée d'éclairement sur le rendement en fourrage. On dispose en France de variétés oléagineuses monocapitulées ; mais, les types ramifiés pourraient convenir pour la production de fourrage.

Du point de vue cultural, le Tournesol peut être semé 3 semaines plus tôt que le maïs. La densité de peuplement doit être fonction d'abord de l'humidité, puis de la fertilité du sol ; elle est de 15 plantes au m² à Rennes, plus faible à Montpellier. La récolte a lieu pour la consommation en vert 10-12 jours avant la floraison, à la formation des capitules ; elle doit se situer à la fin de la floraison pour l'ensilage dont la valeur est peu inférieure à celle du Maïs.

Comme plante fourragère, le Tournesol se recommande surtout par sa rapidité de croissance, sa précocité et sa résistance à la sécheresse.

SUMMARY

Sunflower used as a forage crop

The information given about the biology and culture of the sunflower (*Helianthus annuus*) considered from the point of view of forage production, comes chiefly from studies carried out at Montpellier by L. Maume, Hebrard, L. Alabouvette and S. Rautou, and at Rennes by R. Diehl, V. Tsvetoukhine and D. Bourdon.

The biological data concern germination, plant-growth, influence of environmental factors : rainfall, temperature, duration of day-light upon forage-yield. We have in France oleaginous singleheaded varieties ; but, the branched types could be suitable for forage production.

From the cultural point of view, the sunflower can be sown three weeks earlier than corn. The seeding-rate must depend first on moisture, then on soil-fertility ; it stands at 15 plants per m^2 at Rennes, and is lower at Montpellier. Cutting for green-feeding takes place 10-12 days before flowering, at the formation of capitulum ; this should occur at the end of flowering for silage for which the value is little lower than that of corn.

As a fodder plant, the sunflower can be recommended for its quick growth, its earliness and its drought-resistance.

РЕЗЮМЕ

Подсолнечник-фураж.

КОТ.

Сведения, о биологии и о культуре подсолнечника (Helianthus annuus) для производства фуража, происходят, главным образом, из работ, произведенных в Монпелье Л. Мом, Гебрар, Л. Алабувэт и С. Роту и в Рэнне. Р. Диль, В. Цветухиным и Д. Бурдон.

Данные, биологическаго порядка, касаются проростания, развития растения и влияния факторов среды : влажности, температуры, продолжительности освещения на урожай фуража.

Во Франции можно располагать масляничными монокорзиночными сортами, но разветвленные типы могут подходить для фуражнаго производства.

С точки зрения культуры, подсолнух может сеяться, три недели, раньше чем кукуруза. Плотность стояния зависит от влажности и от плодородности почвы, в Рэнне — 15 растений на кв. метр, реже в Монпелье.

Уборка для зеленаго фуража производится от 10-ти до 12-ти дней до цветения, в момент формации корзинок; для силоса, ценность котораго слегка ниже кукурузнаго — в конце цветения.

Как кормовое растение, подсолнечник интересен быстротой развития, скороспелостью и сухостойкостью.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Sonnenblumenfutter

Die Aufschlüsse über die Biologie und den Anbau der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) im Hirrblick auf die Futtererzeugung, stammen hauptsächlich aus den Arbeiten von L. Maume, Hebrard, L. Alabovette und S. Rautou, die in Montpellier vorgenommen wurden und jenen von R. Diehl, V. Tsvetoukhine und D. Bourdon in Rennes.

Die Ergebnisse biologischer Art beziehen sich auf die Keimung und Wachstum der Pflanze, auf den Einfluss der Umweltverhältnisse, wie Wasser, Temperatur und Belichtungsdauer, und auf den Futterertrag.

In Frankreich besitzt man einhäuptige Sorten, die der Ölgewinnung dienen, während die verzweigten Formen für die Futtererzeugung passen können.

Ackerbaulich betrachtet, kann die Sonnenblume drei Wochen früher ausgesät werden als der Mais. Die Standraumdichte muss dem Feuchtigkeitsgehalt und der Fruchtbarkeit des Bodens angepasst sein. In der Gegend um die Stadt Rennes beträgt diese Dichte 15 Pflanzen pro m². In der Umgebung von Montpellier ist sie geringer.

Die Ernte zum Zwecke der Grünfütterung beginnt 10-12 Tage vor der Blüte, während der Bildung der Köpfe ; für die Gärfutterbereitung verschiebt

Die Ernte zum ffwecke der Grünfütterung beginnt 10-12 Tage vor der Blüte, während der Bildung der Köpfe ; für die Gärfutterbereitung verschiebt sie sich bis zum Ende der Blüte, wobei der Ertragswert etwas niedriger ist als der des Mais.

Als Futterpflanze ist die Sonnenblume vornehmlich geeignet durch sein rasches Wachstum, seine Frühreife und seine Dürreresistenz.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MAUME (L.) et HEBRARD. — Quelques indications sur le développement et les exigences du tournesol grand soleil dans le Languedoc méditerranéen.

BOURDON (D.). — Composition, digestibilité et valeur alimentaire du tournesol fourrage. *C. R. de l'Acad. d'Agr.*, nº 9, 1946.

ALABOUVETTE (L.) et RAUTOU (S.). — Données biologiques et culturales relatives aux oléagineux de la partie Sud de la France. *Bull. tech. d'Inf.*, nº 28-29, 1948.

DIEHL (R.) et TSVETOUKHINE (V.). — Ecologie et culture du tournesol-fourrage. *C. R. de l'Acad. d'Agr.*, nº 8, 1949.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 16-7-1958.

Dépôt légal : 3e trimestre 1958 *Nº d'impression : 1000*

DEUX ANNÉES D'ÉTUDES SUR LA FLAVESCENCE DORÉE, NOUVELLE MALADIE GRAVE DE LA VIGNE

PAR

A. CAUDWELL

Station de Recherches viticoles et d'Arboriculture fruitière,
Centre de recherches agronomiques du Sud-Ouest, Pont de la Maye (Gironde).

(**avec la collaboration technique de M. OTTENWAELTER**)

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Étude des symptômes.**
- A) Symptômes externes.
  - 1° Symptômes sur Baco 22 A.
  - 2° Symptômes sur les autres cépages.
- B) Symptômes microscopiques.
  - 1° Nécroses du liber et défauts de lignification.
  - 2° Malformations des assises génératrices subéreuses.
- C) Conclusions.

II, — **Étude de l'évolution dans le temps de la flavescence dorée.**
- A) Choix d'une méthode de notation de la maladie.
- B) Étude de la distribution des notes de maladie en fonction de l'année d'apparition des premiers symptômes.
- C) Corrélation entre la note de première et de seconde année.
- D) Étude de l'évolution de la maladie dans une vigne donnée.
  - 1° Étude de l'évolution du nombre total de malades par année.
  - 2° Etude des poids de vendange et de la qualité des vins.

III. — **Étude de l'évolution dans l'espace de la flavescence dorée.**
- A) Étude de la naissance des taches dans les zones périphériques.
- B) Étude de la répartition des malades dans les vignes notées.

IV. — **Recherche des causes.**
- A) Hypothèse d'une maladie physiologique.
- B) Hypothèse d'une maladie parasitaire.
- C) Conclusions sur la recherche des causes.

V. — **Discussion de l'hypothèse virus.**
- A) Symptômes externes et internes.
- B) Évolution dans le temps.
- C) Évolution dans l'espace.

Conclusions générales.

La flavescence dorée, aussi appelée maladie du Baco 22 A, est apparue dans le sud-ouest de la France dans les années 1949-1950. Le Bas-Armagnac et la Chalosse sont les régions les plus atteintes mais la maladie gagne les zones limitrophes du Tursan et de la Ténarèze. L'importance économique de ce nouveau fléau nous a amenés à en étudier les symptômes, le mode d'évolution dans le temps et dans l'espace, et à tenter d'en déterminer rapidement les causes.

I. — ÉTUDE DES SYMPTOMES

A) SYMPTOMES EXTERNES

Nous décrirons les symptômes de la flavescence dorée sur le cépage où cette maladie est le mieux connue, le *Baco 22 A*, puis nous mentionnerons les différences que nous avons pu relever chez certains autres cépages.

1° Symptômes sur Baco 22 A.

Les souches malades ont un port pleureur dû à la consistance « caoutchouteuse » des rameaux de l'année qui, très souples, pendent souvent dès leur base vers le sol (photo 1).

a) *Symptômes sur rameaux* : Nous pouvons distinguer, en ordre de gravité de maladie décroissante, 4 types de rameaux :

1. Certains, qui semblent les plus atteints, ont une croissance très ralentie, les points végétatifs se nécrosent, et leur faible poids leur permet de rester dressés, malgré leur grande souplesse. A la limite, le bourgeon peut même ne pas débourrer.

2. La plupart des sarments pendent, parfois dès leur base, sous leur poids. Souvent l'extrémité se redresse quelque peu donnant au sarment la forme générale d'un S. Les entrenœuds sont courts à certains niveaux, surtout à la base ; les sommets végétatifs principaux sont souvent nécrosés et relayés par des entrecœurs.

3. Les rameaux atteints plus tardivement, après la fin de la croissance, ont un développement normal ; les entrenœuds sont donc réguliers et le rameau peut conserver une certaine rigidité.

Dans les trois cas que nous venons de mentionner, les sarments malades présentent sur leurs feuilles les symptômes que nous allons décrire. Ils n'aoûtent pas, ne s'excorient pas et meurent en hiver (mais la souche reste en vie, ainsi que nous le verrons).

4. Les pieds malades peuvent aussi présenter un autre type de rameaux : ceux-ci ne semblent pas malades ; ils sont rigides, s'aoûtent, s'excorient normalement et ne présentent aucun symptôme sur leurs feuilles.

Généralement, la gravité de la maladie se répartit de façon sectoriale sur le cep : un côté seulement du cep ou de la flèche peut, par exemple, présenter des symptômes graves, l'autre côté étant normal.

b) *Symptômes sur feuilles* : Les feuilles malades prennent un aspect et un toucher métallique (de zinc) ; elles sont épaisses, raides et crissent quand on les froisse. Leurs bords sont repliés vers le desssous. Un jaunissement d'abord diffus, puis doré, s'étend à la façon d'un reflet de soleil

PHOTO 1. — Cep malade de Baco 22 A.

sur leur surface qui semble métallique. C'est ce symptôme qui a fait nommer cette maladie « flavescence dorée » par L. LEVADOUX (6).

Par la suite, des taches jaune-crème, bien délimitées, de quelques millimètres, apparaissent, situées de préférence le long des nervures. Leur ensemble finit par dessiner les nervures principales et secondaires de la feuille (photo 2). Plus tard, ces taches s'étendent en surface, spécialement dans les pointes de la feuille et colorent souvent tout un secteur entre deux nervures. Ces plages jaune-crème annoncent une dessiccation qui se développe de la même façon qu'elles sur les nervures et s'étend en secteur entre deux nervures, surtout dans les pointes (photo 2).

Les feuilles de la base des sarments tombent prématurément, laissant parfois le pétiole adhérant au rameau ; les autres, au contraire, persistent sur la souche plus longtemps que les feuilles saines.

c) *Symptômes sur grappes* : Sur les sarments très malades, les grappes

PHOTO 2. — Feuilles de Baco 22 A malade.

coulent dès la floraison ; sur les rameaux atteints plus tardivement, le grain, très acide, se ride, puis tombe sans mûrir, alors que la grappe est encore verte.

2° Symptômes sur les autres cépages.

a) *Symptômes communs à tous les cépages* : Parmi les symptômes décrits sur *Baco 22 A*, il en est un certain nombre qui sont communs à tous les cépages examinés :

— les rameaux caoutchouteux à entrenœuds irréguliers, n'aoûtant pas, ne s'excoriant pas et mourant en hiver,

— le durcissement des feuilles qui crissent quand on les froisse,

— le développement des taches jaune-crème sur les nervures et en secteurs est un caractère presque général.

b) *Particularités propres à certains cépages* : Tous les symptômes décrits sur *Baco 22 A* se retrouvent sur *Noah, Jurançon, Ugni blanc* (*Saint-Emilion*) ; cependant, chez ces deux derniers, le jaunissement « doré » des feuilles reste terne.

Le *Piquepout* (*Folle blanche*) a rarement les feuilles repliées vers le bas ; la surface en est seulement ondulée. Ce cépage ne présente pas le jaunissement doré mais seulement les taches jaune-crème le long des nervures qui s'étendent ici très souvent en secteurs nets entre deux nervures. C'est aussi le cas du *Piquepout de Moissac*, du *Colombard* et de beaucoup de plants européens ou hybrides.

Les *Seyve-Villard 12-375* et *18-315* ne présentent pas de décoloration sur leurs feuilles lorsqu'ils sont atteints.

Il existe de grandes différences de sensibilité tant parmi les hybrides que parmi les cépages européens et les types de rameaux très atteints (types 1 et 2) décrits pour le *Baco 22 A* ne se retrouvent pas chez les cépages plus résistants.

B) SYMPTOMES MICROSCOPIQUES

1° Nécroses du liber et défauts de lignification.

La coupe transversale d'un rameau malade de l'année montre que le liber et la moelle sont extraordinairement développés par rapport au bois et la formation de fibres libériennes (liber dur) est rare et irrégulière (photo 3). Ces faits expliquent la grande souplesse des sarments qui semblent caoutchouteux.

Dans la partie externe du liber, on remarque, par plages, des nécroses plus ou moins jaunâtres qui rendent ce tissu informe : les membranes semblent se gélifier. La coloration des nécroses peut être renforcée par la phloroglucine chlorhydrique (photos 4 et 5).

Les nécroses du liber gagnent vers l'intérieur et tout se passe comme s'il y avait course de vitesse entre cette progression des nécroses et la production abondante de liber jeune par l'assise génératrice,aux dépens de la production de bois. Il s'ensuit peut-être la disproportion observée entre ces deux tissus : dans un sarment sain, l'épaisseur de la couche de bois est normalement 5 à 8 fois plus grande que celle du liber ; chez les malades, ces deux assises peuvent devenir d'égale puissance.

La même chose s'observe dans le tronc de la souche où, en année de maladie, la couche annuelle d'accroissement du bois est très étroite. En certains secteurs de la circonférence, elle peut se réduire à l'épaisseur

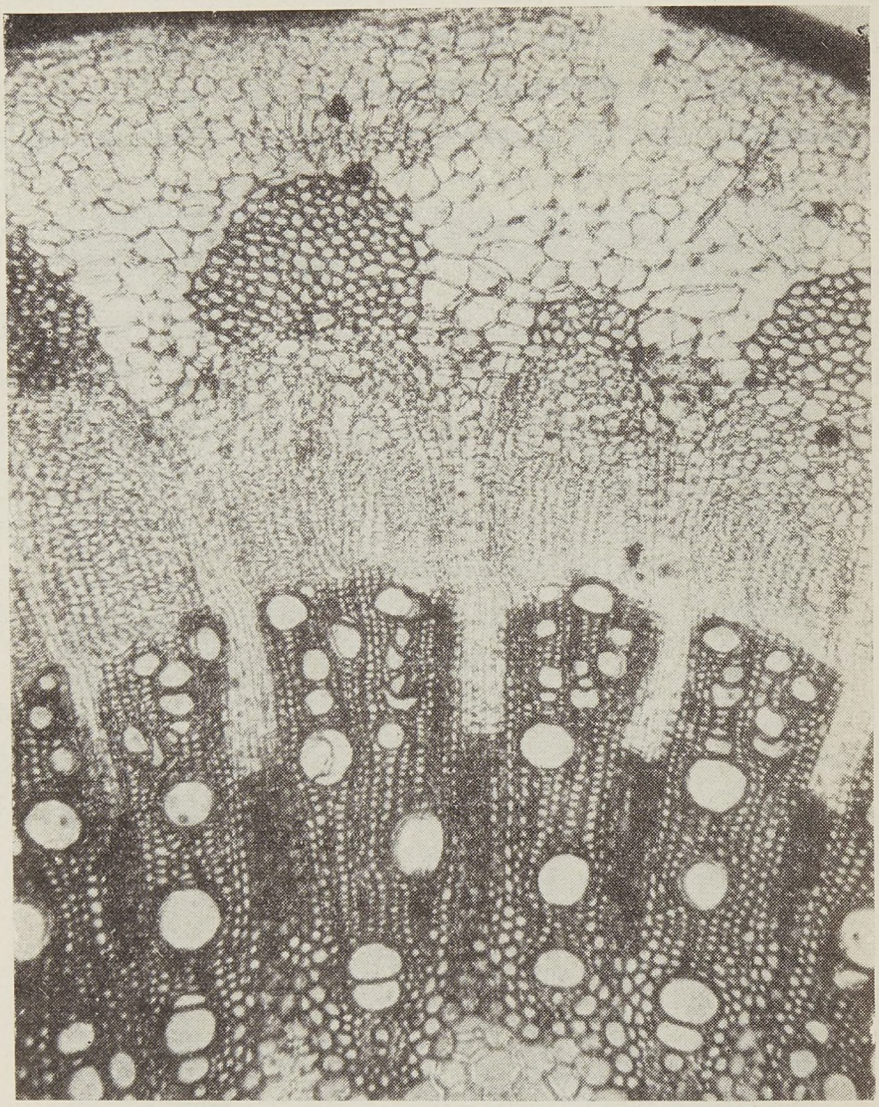


PHOTO 3. — Coupe d'un sarment malade.

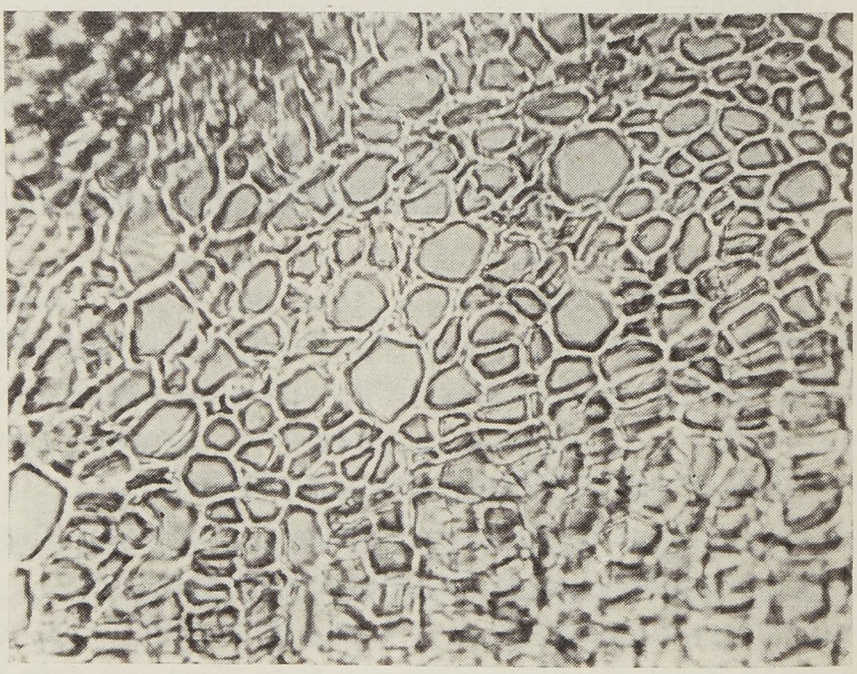


PHOTO 4. — Début de nécroses libériennes

d'une seule cellule, et passer inaperçue (photo 6). Il peut y avoir là un moyen de nous aider à reconnaître l'histoire de la maladie sur un cep donné. Dans ce cas, il convient de faire l'examen sur le cep lui-même et non sur le bois de 2 ou 3 ans car le viticulteur a choisi pour la taille les rares sarments d'aspect normal.

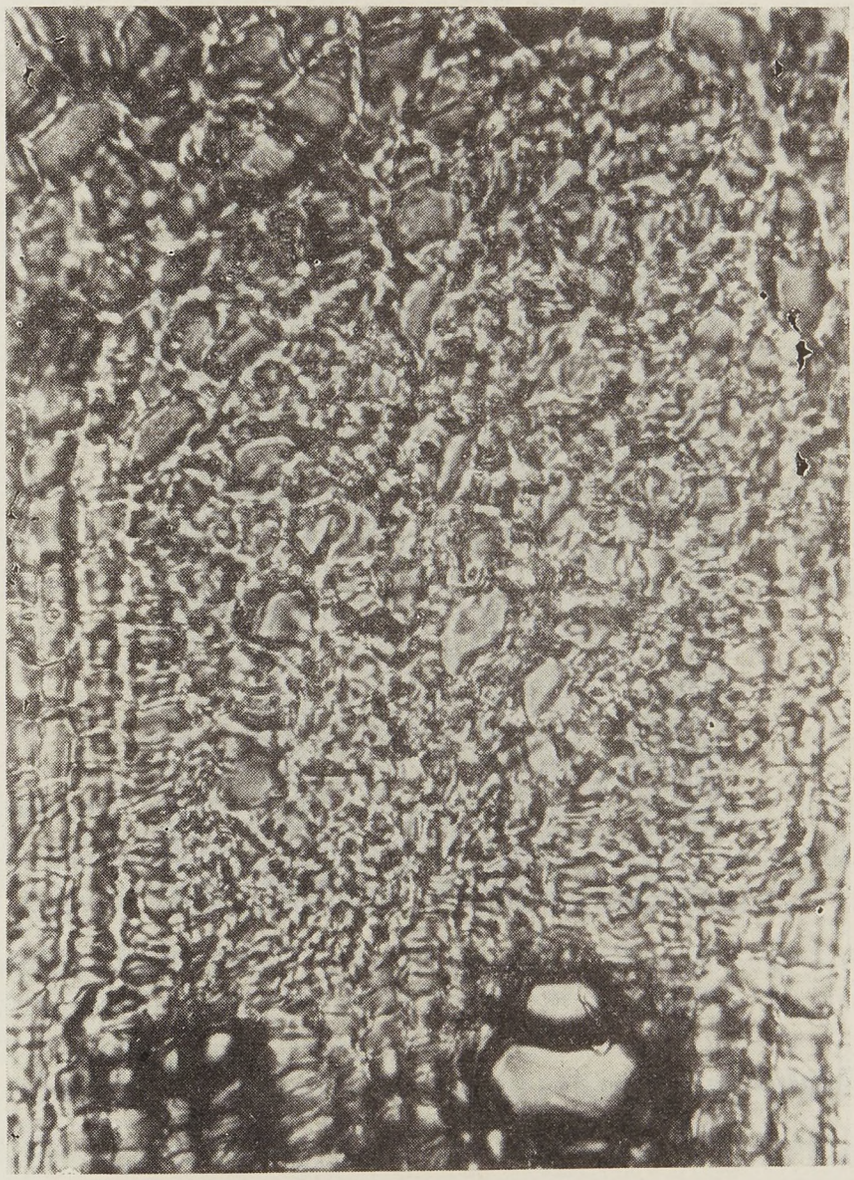


PHOTO 5. — Liber très nécrosé.

Nous n'avons pas, jusqu'à présent, constaté de dépôts anormaux de callose dans le liber et il est possible que les seules nécroses suffisent à expliquer les plus typiques des symptômes externes observés : durcissement et jaunissement des feuilles, souplesse et non aoûtement des rameaux.

La forme de l'assise génératrice libéro-ligneuse, normalement circulaire, devient assez irrégulière, souvent en dents de scie dans les rameaux malades ; les dents sont dirigées vers l'extérieur au niveau de chaque rayon médullaire.

D'une façon assez générale, on observe que des tissus qui devraient être lignifiés ne le sont pas dans les rameaux malades : ainsi la partie externe du bois et des rayons médullaires à son niveau garde des membranes cellulaires aussi fines que celles du liber. En coupe, le phloème ne se différencie alors à première vue du xylème que par la présence des gros vaisseaux chez ce dernier. De même, la partie interne des fibres péricycliques se lignifie parfois mal et l'absence fréquente des fibres libériennes est à rapprocher de ces défauts de lignification.

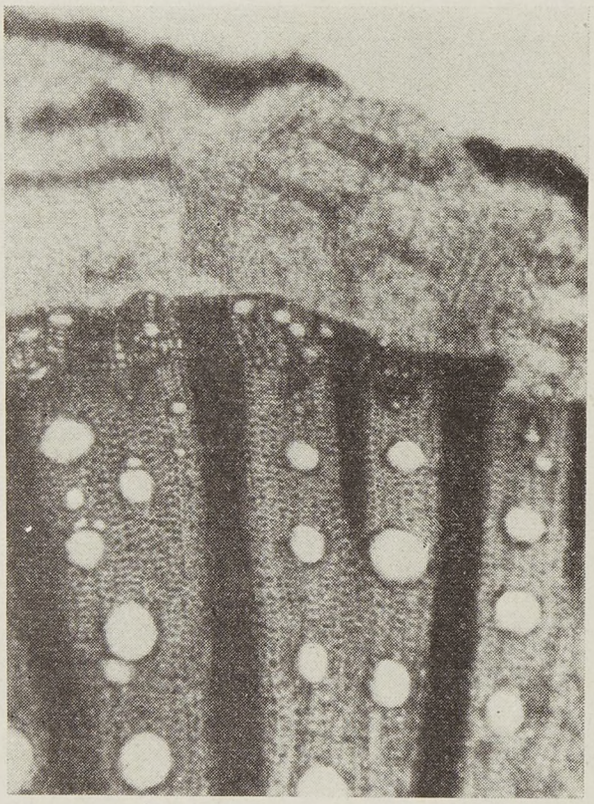


Photo 6. — Bois de deux ans malade en dernière année : la couche annuelle d'accroissement du bois est très réduite et devient nulle.

2° Malformations des assises génératrices subéreuses.

Le mode d'excoriation, déjà mentionné parmi les caractères externes, est un symptôme important de la maladie. Normalement, dans un bois sain, une assise génératrice se différencie dans la partie extérieure du liber, à proximité des fibres péricycliques. Cette assise produit une bande de tissu subéreux, brun, qui présente des sinuosités régulières dirigées vers l'intérieur au niveau de chaque rayon médullaire. Dans les sarments malades, au contraire, le processus est tout autre ; nous pouvons distinguer deux cas qui ne sont que deux états de gravité du phénomène.

Parfois une assise subéreuse d'excoriation se forme, mais à proximité du bois, beaucoup plus à l'intérieur dans le liber que normalement. Cette assise ne présente pas les sinuosités habituelles et au lieu de rester adhérente au rameau, s'en détache fréquemment et ne joue donc plus son rôle de protection.

Le plus souvent on n'observe même pas la formation de cette assise liégeuse mais simplement un amincissement des membranes cellulaires qui cèdent alors facilement. Ce phènomène apparaît, comme dans le premier cas, en profondeur dans le liber, à proximité du bois. On comprend, en effet, que les cellules les plus externes du liber, très nécrosées, ne sont plus susceptibles de se différencier en assise génératrice.

Dans ces deux cas, il n'y a pas vraiment excoriation, mais seulement une tendance qui apparaît en coupe mais n'est pas décelable extérieurement.

Ces désordres dans l'excoriation se retrouvent au niveau du tronc du cep. Mais nous avons remarqué à ce niveau que plusieurs « excoriations » anormales pouvaient se produire chaque année. La profondeur de la tentative d'excoriation dans la couche de liber secondaire paraît en relation avec l'extension des nécroses libériennes vers l'intérieur.

Il semble que l'on puisse rapprocher des désordres dans la formation de cette assise génératrice, un fait voisin, celui de la chute anormale des feuilles malades. L'étude histologique n'en a pas été faite. Cependant, nous avons vu que ces feuilles malades tombent tôt si elles sont à la base du rameau, plus tard que les feuilles saines si elles sont au sommet. Il semble donc que cela se fasse indépendamment de la formation d'une assise génératrice d'un liège de séparation.

Remarques

Les rameaux qui gardent l'aspect sain sur les pieds malades (type 4) ne présentent aucun des symptômes microscopiques que nous avons décrits. Pour illustrer ce fait, choisissons un rameau qui se bifurque, le prolongement normal paraissant malade, l'entrecœur développé gardant un aspect sain. Une coupe pratiquée en dessous de la fourche montre que seule la moitié, située du côté « malade » présente les symptômes microscopiques que nous avons décrits. La transition entre les deux moitiés est très rapide et se fait d'un rayon médullaire au suivant. Une telle coupe montre très nettement les différences de profondeur et de développement de l'excoriation.

C) CONCLUSIONS

Nos recherches sur les symptômes internes de la maladie, en particulier sur les nécroses libériennes, ne nous ont pas permis de déceler le mal plus précocement que par un examen extérieur de la souche.

Cependant, il semble que l'ensemble de ces observations puisse nous permettre de tracer un schéma de la genèse des différents symptômes, à partir des nécroses du liber qui semblent être à l'origine de la plupart des autres.

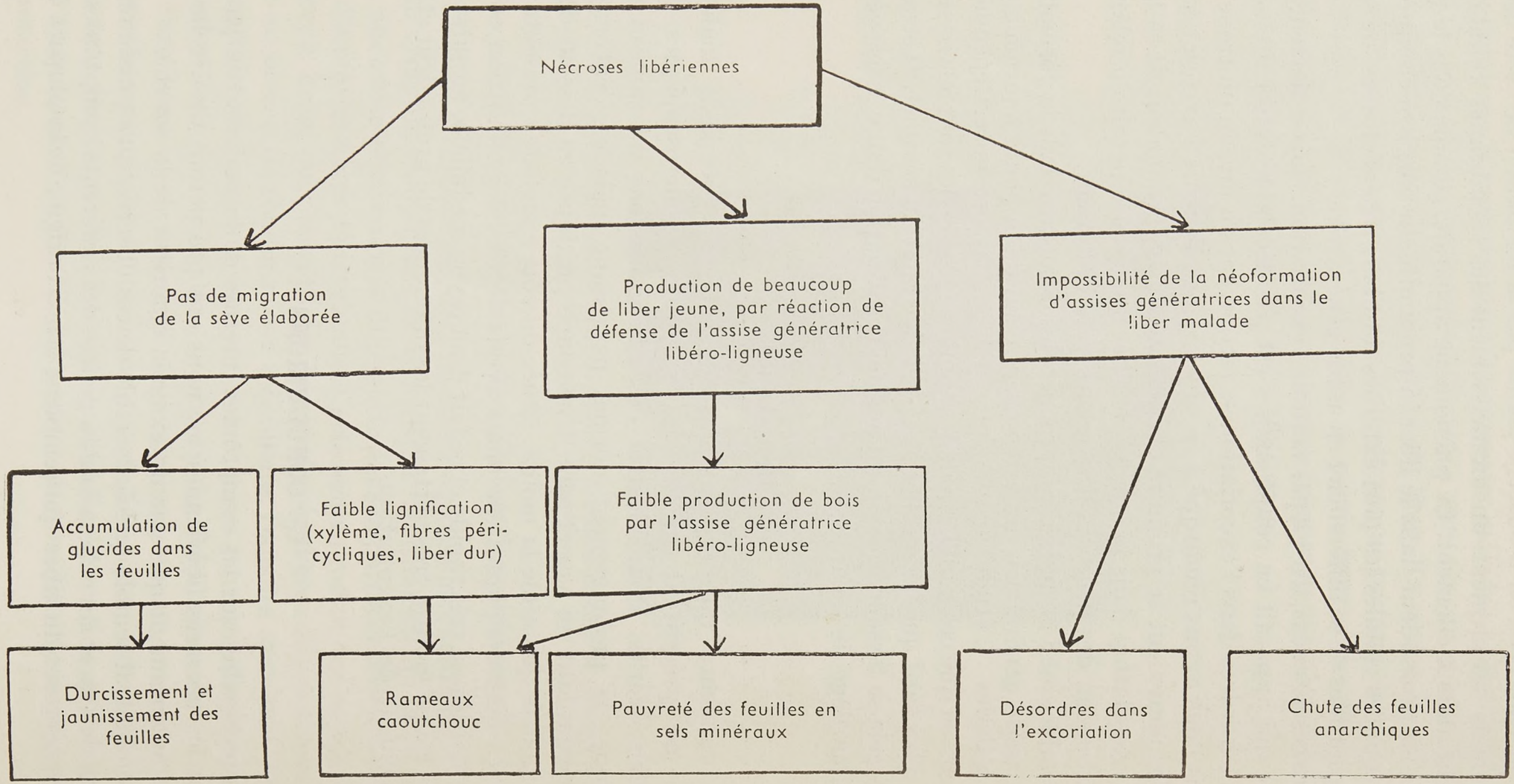


Schéma. — Genèse et différents symptômes.

II. — ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DE LA FLAVESCENCE DORÉE

Beaucoup de viticulteurs d'Armagnac appellent la flavescence dorée « dépérissement » ou « mortalité ». Il était indispensable de voir si oui ou non les symptômes empiraient d'année en année pour finir par la mort de la plante.

A) CHOIX D'UNE MÉTHODE DE NOTATION DE LA MALADIE

L'apparition souvent partielle des symptômes sur le cep, déjà signalée ici, a servi de base à la mise au point d'un système de notation devant servir à l'étude de l'évolution de la maladie. Il ne s'agissait pas de noter « malade » un cep n'ayant par exemple qu'un entre-cœur malade, celui-ci pouvant très bien manquer ou échapper à notre vue. Des ceps malades pouvaient donc ne présenter aucun symptôme visible. Nous avons pensé alors limiter nos erreurs en notant la maladie de 0 à 5, suivant la proportion de rameaux présentant les caractères de la maladie. La note 5 correspond à un cep dont la totalité des rameaux est malade.

B) ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DES NOTES DE MALADIE EN FONCTION DE L'ANNÉE D'APPARITION DES PREMIERS SYMPTOMES

L'étude a été faite sur deux vignes suivies depuis trois ans et vérifiée sur d'autres depuis un et deux ans.

Le graphique I nous présente, pour une vigne, la disbribution des notes en 1956 :

— des pieds malades pour la première fois en 1955 (B) ;

— des pieds malades pour la première fois en 1956 (C).

Les distributions de fréquence des notes de ces deux catégories B et C sont de pentes à peu près opposées, ce qui traduit les faits suivants :

1° La maladie commence sur un cep en se manifestant par des symptômes graves, avec un maximum de notes 4 et 5 en première année (histogramme C). Nous appellerons *crise* ce stade primaire de la maladie.

2° L'année suivante se caractérise par une sorte de guérison, puisque nous obtenons une majorité de notes 0 (histogramme B). Nous nommerons ce second stade *guérison apparente*.

La différence de surface des deux histogrammes B et C indique la progression en un an de la maladie dans la vigne considérée.

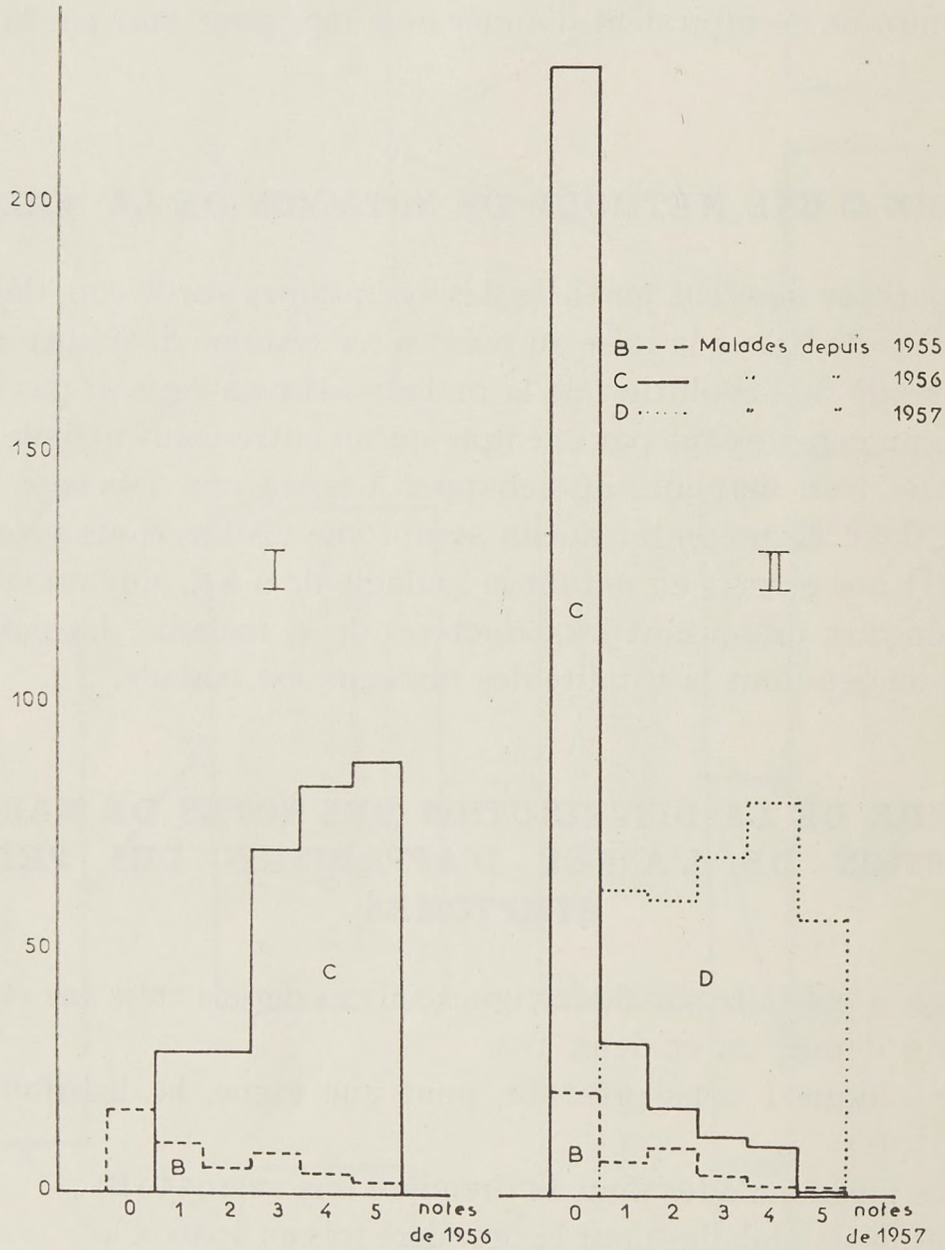
Les études poursuivies en 1957 ont confirmé ces données, ainsi que le graphique II le montre. Il représente la distribution en 1957 :

— des pieds malades pour la première fois en 1955 (B),

— des pieds malades pour la première fois en 1956 (C),

— des pieds malades pour la première fois en 1957 (D).

Remarquons cependant que les notes ont toutes été cette année



GRAPHIQUES I ET II : Distribution des notes des maladie en fonction de l'année d'apparition des premiers symptômes.

décalées vers le bas. Ceci peut être dû à des conditions moins favorables à la manifestation des symptômes, conditions qui sont encore à préciser.

La pente obtenue pour les pieds ayant eu leur crise en 1955 (histogrammes B) est sensiblement la même dans les graphiques I et II ; or, si l'état de maladie avait été stable, la pente négative aurait dû s'accentuer en année de mauvaises conditions d'apparition des symptômes (graphique II). Il y a eu des « rechutes » : l'état de guérison remarqué en seconde année n'est donc pas stable. Nous expliciterons plus loin ce résultat.

Le tableau I donne un exemple de l'évolution en trois ans de la maladie sur un rang de vigne de 23 ceps. Il montre que dans une année donnée les souches qui ont passé l'état de crise un an auparavant guérissent au moins partiellement, tandis que leurs voisines non encore malades précédemment entrent en état de crise grave. Ce rythme propre de la maladie est donc très accusé et semble peu modifié, si ce n'est en amplitude, par les facteurs du milieu représentés ici par trois années successives.

TABLEAU I

Evolution en trois ans de la maladie sur un rang de vigne.

	1955	1956	1957
Cep 1	**M**	1	0
— 2	**M**	0	2
— 3	**M**	2	2
— 4		**4**	1
— 5		**4**	0
— 6		**3**	0
— 7	**M**	3	3
— 8			
— 9			**3**
— 10		**3**	0
— 11	**M**	0	2
— 12		**4**	0
— 13	**M**	1	0
— 14			**4**
— 15			
— 16			**5**
— 17		**4**	0
— 18			**3**
— 19			**5**
— 20			**2**
— 21			
— 22			
— 23			

En 1955, la notation de 0 à 5 n'avait pas encore été appliquée. Les pieds malades sont donc indiqués par « M ».

Les notes en caractères gras correspondent à la crise de première année (note généralement forte), celle de l'année qui suit à l'état de guérison apparente (note faible ou 0).

Les données précédentes ont été vérifiées sur d'autres vignobles, et nous pouvons conclure que la flavescence dorée commence par une crise généralement très grave en première année, suivie d'une sorte de guérison l'année suivante. Cet état d'amélioration n'est pas définitif.

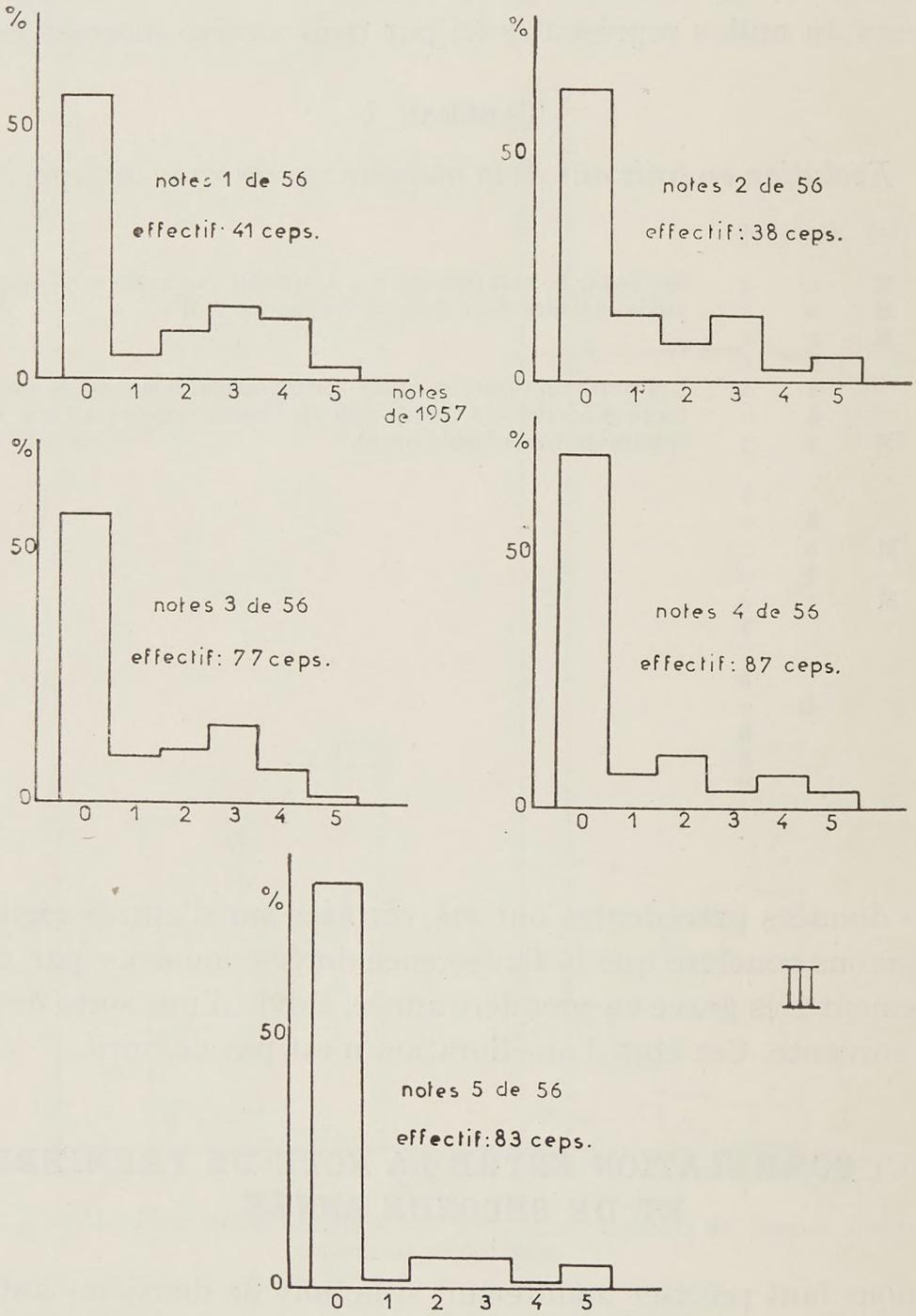
C) CORRÉLATION ENTRE LA NOTE DE PREMIÈRE ET DE SECONDE ANNÉE

Il nous faut préciser maintenant si la note de deuxième année (guérison apparente) est influencée par celle de la crise qui l'a précédée. Il s'agit en somme d'établir la corrélation entre la note de première et de seconde année. Les distributions étant très dissymétriques, il n'a pas été possible d'utiliser les méthodes ordinaires de recherche des corrélations.

Considérant le graphique I, nous avons partagé l'histogramme C en 5 tranches verticales correspondant chacune à une note de 1956. Nous avons alors établi dans le graphique III les distributions des notes de 1957 de chacune de ces 5 tranches.

L'analyse statistique montre que l'on peut admettre que les cinq distributions obtenues peuvent être considérées comme semblables.

Nous pouvons donc dire que tous les ceps se comportent de la même façon en seconde année de maladie, quelle qu'ait été leur note de crise.



GRAPHIQUE III : Corrélation entre la note de première année (crise) et celle de la suivante.

Celle-ci que nous avons définie comme le stade primaire de la maladie se caractérise donc aussi par la guérison apparente qui la suit.

Quelles sont les raisons des différences de gravité observées en première année? Nous étudierons ce problème plus loin, à la lumière des résultats de la recherche des causes de la maladie.

D) ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DE LA MALADIE DANS UNE VIGNE DONNÉE

Le problème le plus urgent à résoudre pour l'intérêt du viticulteur est celui de savoir s'il doit ou non arracher sa vigne de *Baco 22 A* ou de *Jurançon* et la remplacer par un cépage résistant.

Peut-on compter économiquement sur l'amélioration des ceps, une fois passée la crise de première année?

Ce problème a été étudié de deux façons :

— Étude de l'évolution du nombre total de malades par année.

— Étude des poids de vendange et de la qualité des vins.

1° Étude de l'évolution du nombre total de malades par année.

Le nombre total de pieds malades sur une certaine surface dans une année donnée est fonction du stade de développement de la maladie dans ce champ et du nombre de pieds ayant eu une crise dans les années précédentes, et paraissant guéris. Ces deux facteurs sont à considérer séparément car ils n'évoluent pas parallèlement suivant que la maladie s'étend dans la vigne ou qu'elle a, au contraire, déjà atteint tous les pieds. Nous ne considèrerons ici que deux états de maladie :

— aspect sain (note 0),

— aspect malade (notes 1 à 5).

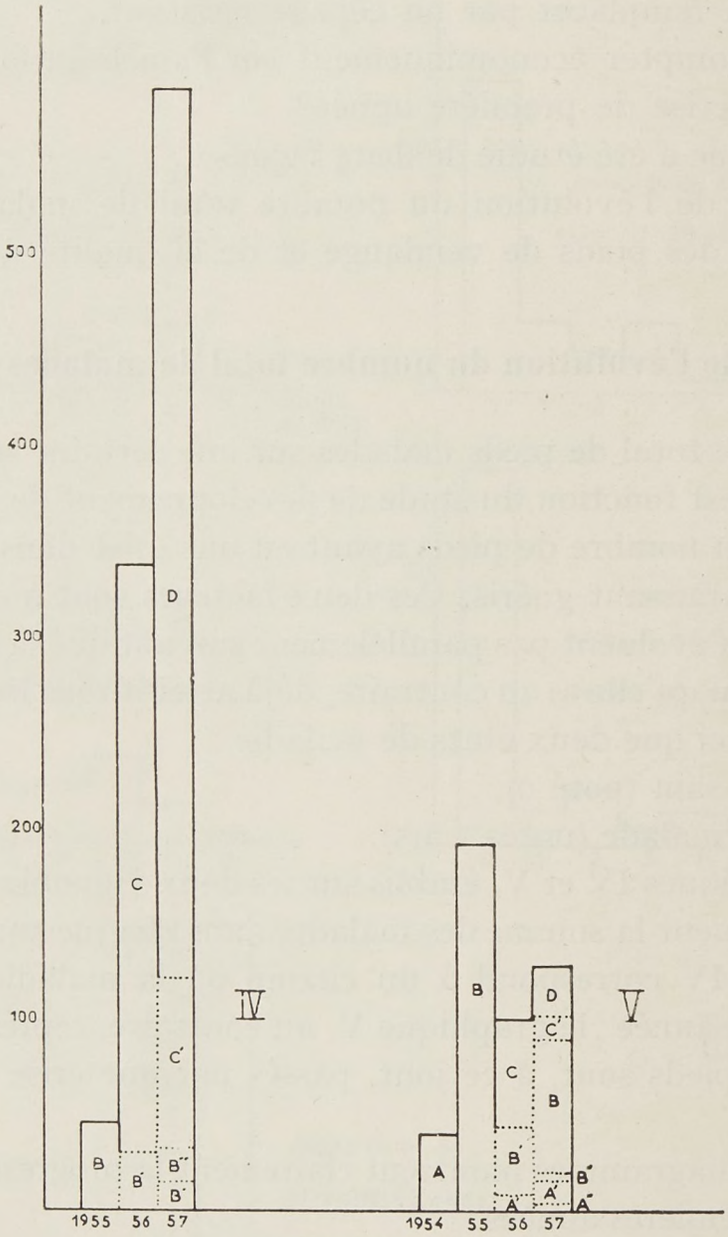
Les graphiques IV et V, établis sur les deux vignobles notés depuis 3 et 4 ans, indiquent la somme des malades dans chaque année consécutive. Le graphique IV correspond à un champ où la maladie est encore en extension cette année ; le graphique V, au contraire, représente une vigne dont tous les pieds sont, à ce jour, passés par une crise de flavescence dorée.

Ces deux diagrammes montrent clairement la progression de la maladie dans les premières années.

Afin de tenter de reconnaître les lois qui président aux répartitions ultérieures, nous avons séparé, pour chaque année, les pieds malades pour la première fois, et ceux qui se trouvent en état de première ou de deuxième rechute (aspect malade pour la deuxième ou troisième fois).

Nous avons alors essayé de vérifier s'il existe un rapport constant entre le nombre de pieds en état de crise (note 1 à 5 de première année) et parmi ceux-ci le nombre de rechutes un an et deux ans après. Nous avons trouvé qu'en moyenne, pour cent ceps malades, 24 rechutaient l'année suivante et 32 un an après. Ces chiffres sont des moyennes auxquelles il n'est pas possible d'ajuster l'ensemble des résultats obtenus dans des années différentes : ici jouent peut-être les conditions météorologiques qui

peuvent favoriser ou non la manifestation des symptômes. Si l'on reprend les graphiques I et II, nous voyons en effet que le pourcentage de guérisons apparemment totales en seconde année (notes o des histogrammes B du graphique I et C du graphique II) est très variable. En plus des conditions de l'année, peuvent jouer la situation de la vigne et son âge.



GRAPHIQUE IV ET V. — Évolution du nombre total de malades par année.

A : Malades pour la première fois en 1954. — A′ : Première rechute des précédents. — A″ : Deuxième rechute des précédents. — B : Malades pour la première fois en 1955. — B′ : Première rechute. — B″ : Deuxième rechute. — C : Malades pour la première fois en 1956. — C′ : Première rechute. — D : Malades pour la première fois en 1957. — (Le graphique IV correspond a la vigne étudiée dans les graphiques I, II, III).

Peut-être pourrons-nous éliminer ces causes de variations par des analyses détaillées et retenir un rapport constant inhérent au rythme propre de la flavescence dorée.

L'examen des graphiques IV et V ne permet pas encore d'induire l'évolution de la maladie dans un vignoble donné, les conditions climatiques semblant jouer un rôle important. Il apparaît cependant que les gué-

risons apparentes observées puissent permettre au viticulteur d'attendre que les recherches aboutissent à une doctrine définitive sur les mesures à prendre.

2° Étude des poids de vendange et de la qualité des vins.

Dans les deux vignes notées depuis plusieurs années, nous avons récolté et pesé pied par pied :

— les ceps malades depuis 1955,
— les ceps malades depuis 1956,
— les ceps malades depuis 1957,
— les ceps non encore malades.

Chaque catégorie a été vinifiée à part en vue d'une analyse détaillée.

Seul le résultat des pesées est connu pour l'instant ; nous le trouvons résumé dans le tableau suivant, exprimé en grammes par pied :

Récolte 1957 en grammes par pied

Malades	1955 (2 ans après la crise)	343 g/pied
—	1956 (1 an après la crise)	173 —
—	1957 (crise)	169 —
Sains	1957	674 —

La récolte 1957 des pieds dont la crise date de 1957 et 1956 est à peu près identique et égale au quart de la récolte des pieds sains, alors que la récolte des pieds malades dès 1955 dépasse légèrement la moitié de la récolte normale.

Il y a donc forte diminution de récolte (1/4) durant l'année de crise. L'année qui suit, les ceps, nous l'avons vu, ne présentent en général plus de symptômes de la maladie mais la récolte reste faible. Elle augmente notablement l'année suivante (1/2 de la normale). A ce niveau la production n'est cependant pas rentable, mais il y a lieu de compléter ces résultats l'année prochaine avant de conclure à la nécessité de remplacer les cépages les plus sensibles par d'autres plus résistants.

III. — ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DANS L'ESPACE DE LA FLAVESCENCE DORÉE

La flavescence dorée semble être apparue dans la région centrale du Bas-Armagnac qu'elle a gagné en entier. Une autre tache importante se situe en Chalosse ; on ignore si elle est antérieure ou non à la première. Ces deux zones primaires (fig. 1, zone I) ont en commun le cépage le plus sensible, le *Baco 22 A* et des sols de sables fauves très lessivés, présentant une couche d'accumulation imperméable à une profondeur de 40 à 60 centimètres en général.

En 1956, deux îlots de maladie ont été découverts dans les sols cal-

caires de Ténarèze, à l'est du Bas-Armagnac et en 1957, nous en avons trouvé une dizaine dans cette zone.

Nous avons pu faire deux sortes d'études :

— étude de la naissance des taches dans les zones périphériques,

— étude de la répartition des malades dans les vignobles notés.

A) ÉTUDE DE LA NAISSANCE DES TACHES DANS LES ZONES PÉRIPHÉRIQUES

Nous avons cherché à connaître le plus grand nombre possible de taches de maladie situées en particulier dans les calcaires de Ténarèze et

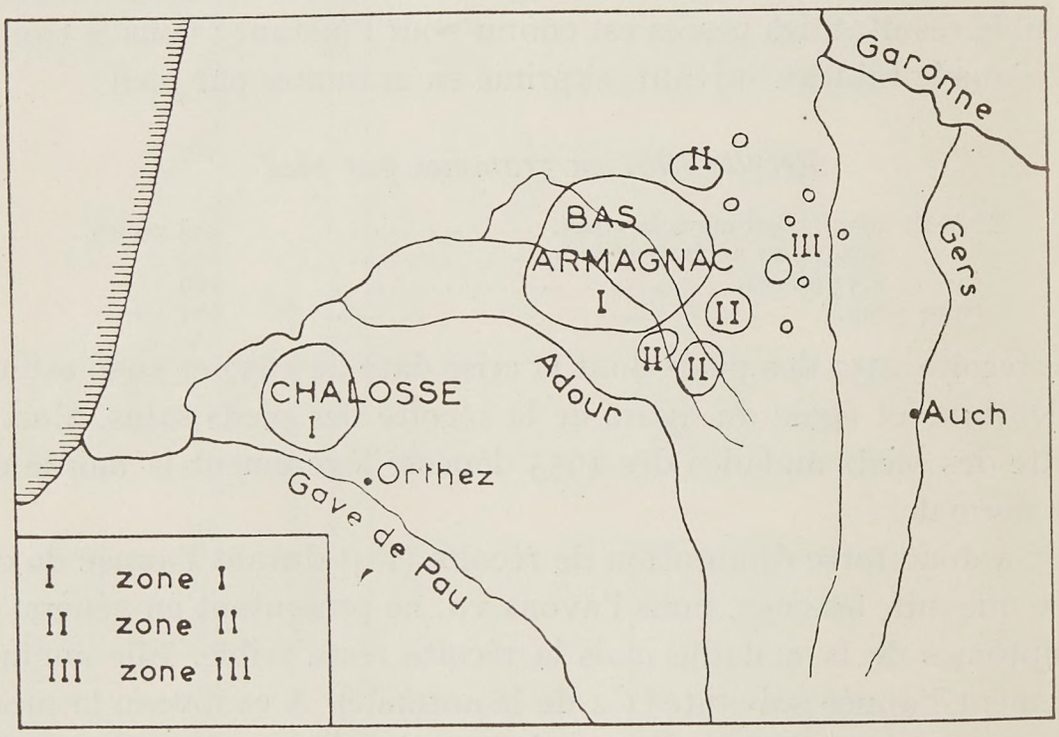


FIG. 1.

dans les zones périphériques de l'est du Bas-Armagnac. Nous avons étudié du point de vue site, voisinage, drainage et importation de plants, chacune de ces taches.

Dans la bordure est du Bas-Armagnac et en Ténarèze, on peut distinguer deux sortes d'îlots de maladie, les uns (zone II) relativement étendus mais bien individualisés, non loin de la zone I, d'autres plus éloignés (zone III) où la maladie ne se remarque que sur un nombre très réduit de ceps. Ces dernières ont été spécialement étudiées. Les habitudes locales semblent nous montrer que rares sont les viticulteurs de la zone III qui se fournissent en pépinière dans la zone I car ils vont à des villes-marchés différentes, et n'utilisent pas les mêmes cépages en général. Dans un seul cas, nous avons pu prouver qu'il y a eu importation de plants du Bas-Armagnac mais nous ignorons si c'est la cause de l'apparition de

la petite tache de maladie. Par contre, une règle générale semble bien se dégager : la maladie apparaît dans la zone III sur les pentes orientées vers l'ouest ou le sud-ouest,en des sites élevés, souvent près de points culminants boisés, ou possédant un petit rideau d'arbres (fig. 2).

Il nous a été possible réciproquement de découvrir des taches de maladie en recherchant de telles conditions de site.

Il nous paraît donc possible que l'apparition de taches de maladie dans les zones périphériques soit en rapport avec les vents, plus qu'avec tout autre facteur.

Nous reprendrons ce fait après l'étude des causes de la maladie.

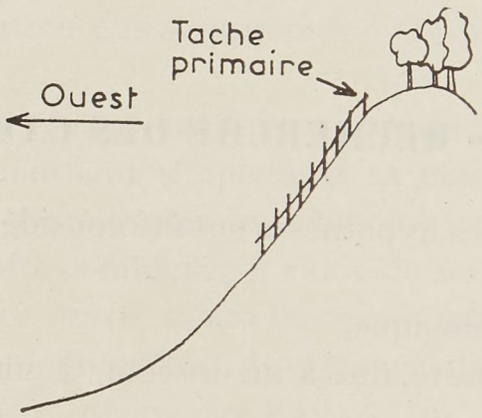


FIG. 2.

Dans les zones I et II, lorsque l'on a pu retrouver les points où la maladie a commencé localement, nous avons pu faire fréquemment les mêmes observations qu'en zone III : la maladie commençait à proximité d'un bois.

B) ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DES MALADES DANS LES VIGNES NOTÉES

Possédant à présent un bon nombre de notations de champs divers par le lieu, l'âge, le cépage et le greffage, nous avons tenté d'y étudier la répartition des malades.

Il s'agissait d'abord de vérifier si la distribution des premiers pieds atteints était différente suivant qu'il s'agissait d'une vieille vigne ou d'une jeune plantation dont les bois avaient été prélevés en zone contaminée.

La division des champs en carrés, puis l'étude de la répartition par la loi de Poisson nous semblait appropriée, mais le nombre de pieds atteints en début d'attaque est très faible et oblige à grouper trop de classes pour les ajustements, ce qui enlève toute précision.

Nous sommes contraints, pour le moment, à juger visuellement sur plan la répartition des premiers pieds atteints dans les vignobles notés. Nous avons ainsi remarqué qu'ils sont très rarement répartis au hasard, sauf dans certaines vignes d'un ou deux ans d'âge.

Les années suivantes, les malades sont nettement groupés autour des premiers pieds atteints mais d'autres apparaissent de façon isolée dans le reste du champ.

Le tableau I montre cette progression et indique que ce sont toujours les bordures des taches de maladie qui sont les plus atteintes (crise de première année), tandis que le centre en est au stade de guérison apparente. La maladie passe donc comme une vague sur le vignoble.

Elle gagne de proche en proche : la présence d'un chemin que ne traverse pas la charrue ou les outils, ou d'une haie, n'empêche pas la propagation.

Signalons aussi que les pieds les plus vigoureux sont souvent les premiers atteints.

IV. — RECHERCHE DES CAUSES

Au départ, toutes les hypothèses ont été considérées comme possibles. Citons :

— maladie physiologique,

— maladie parasitaire, due à un insecte, à un champignon, à une bactérie, à un virus.

Un compte rendu de nos travaux de 1956 (4) rapportait les études faites sur chacune de ces hypothèses et en particulier les résultats positifs que nous avons obtenus en essais de tramsmission par greffe. Le problème a été repris en 1957 avec l'aide de nos collègues des laboratoires de Zoologie et d'Agronomie. Nous allons résumer nos recherches de 1956 et le travail de 1957 que nous avons fait personnellement. Nous ne parlerons donc pas ici des travaux réalisés par nos collègues ou en collaboration avec eux.

A) HYPOTHÈSE D'UNE MALADIE PHYSIOLOGIQUE

Une maladie physiologique peut être due à un mauvais travail des vignes ou à des facteurs défavorables du milieu, sol et climat.

1° Travail des vignobles.

En ce qui concerne le travail du vignoble, une enquête a été faite sur place afin de déterminer les changements de méthodes culturales qui ont pu intervenir depuis dix ans. Il en ressort deux faits principaux :

— une augmentation de la longueur des bois laissés à la taille, d'où une production plus élevée de raisins sans apports parallèles d'éléments nutritifs,

— le labour à la plantation est passé de 35 centimètres (20, puis 15

en plus) à 25. Cette nouveauté doit éviter l'entrée des racines dans la couche imperméable d'accumulation des sables fauves.

Ces deux faits sont en rapport avec les principales conditions du milieu qui peuvent être incriminées : milieu nutritif et conditions d'aération du système radiculaire.

2° Facteurs du milieu.

Il est indéniable que les facteurs du milieu ont une influence sur la flavescence dorée. L'examen des graphiques I et II, représentant les distributions des notes de maladie respectivement en 1956 et 1957 montre en effet que la manifestation des symptômes a été plus importante en 1956 qu'en 1957.

Il s'agit de savoir si ces conditions extérieures sont la cause de la maladie ou si elles modifient simplement sa manifestation comme elles le font en particulier pour toutes les maladies parasitaires.

L. Levadoux qui a commencé à l'aide de stagiaires (12) l'étude des causes de la flavescence dorée, avant de me confier ce travail, a été frappé par la ressemblance des symptômes de cette maladie avec ceux du rougeot par asphyxie radiculaire, décrit par Ravaz (10). Il écrivait en 1954 (6) : «Nous pouvons penser qu'en Armagnac la série d'années chaudes, en même temps qu'elle permettait le développement du phylloxéra radicicole, donc la destruction d'une partie importante des racines fonctionnelles situées dans les couches supérieures du sol, amenait de nouvelles racines à se former dans les couches profondes. Depuis trois ou quatre ans, les pluies plus nombreuses opéraient un tassement de ces mêmes couches et une élévation de leur taux d'humidité, provoquant une asphyxie plus ou moins poussée des racines ».

Cette hypothèse avait pour elle la localisation de la maladie dans les sables fauves, qui ont une couche d'accumulation imperméable à 40-60 centimètres. Cependant, à l'heure actuelle, elle ne nous semble pas satisfaisante pour plusieurs raisons :

— Notre étude de la naissance des taches dans les zones périphériques (fig. 1, zone III) a montré que les premiers pieds atteints sont généralement en sites élevés, souvent près de points culminants. Dans les zones primaires où la maladie se généralise, elle se trouve bien entendu aussi bien dans les fonds qu'en haut des pentes.

— La maladie a été trouvée sur des vignes de un et deux ans qui n'ont pas connu d'années de sécheresse suivies d'années humides.

— Il nous a été possible de suivre en Gironde un vignoble franc de pied immergé durant tout l'hiver et le printemps en vue de lutter contre le phylloxéra. Les cépages rouges européens ont présenté dans leur presque totalité les symptômes du rougeot, tandis que les *Baco 22 A* qui se trou-

vaient au milieu d'eux se montraient extraordinairement résistants à cet accident. Pourquoi ce cépage serait-il alors le plus sensible en Armagnac?

L'idée d'une carence a été aussi envisagée dans les débuts ; d'une carence en bore particulièrement. Quoique les symptômes de la flavescence dorée soient sensiblement différents de ceux que GÄRTEL (5) a relevés lorsqu'il a étudié cette carence, des essais d'apports de bore, d'oligo-éléments divers, d'amendement et de fumure ont été mis en place par L. LEVADOUX en collaboration avec les Services Agricoles. Nous avons suivi ces essais par la suite, mais aucun résultat ne semble apparaître.

Nous avons recherché également les symptômes de carence sur les plantes annuelles reconnues sensibles mais n'en avons pas découvert.

Par contre, nous avons trouvé la maladie sur tous les types de sols régionaux : alluvions profondes des vallées, marnes irisées, calcaires et sables.

3° Discussion.

D'une manière générale, l'hypothèse d'une maladie physiologique ne nous semble pas satisfaisante, l'évolution de la maladie dans le temps et dans l'espace et les essais de transplantation nous paraissant s'y opposer.

a) *Le mode d'évolution de la maladie dans le temps et dans l'espace ne s'explique pas dans cette hypothèse* : rappelons sa manifestation sous forme d'une crise grave suivie d'une guérison apparente, tandis que les pieds environnants tombent en crise. Citons également le mode d'évolution en zones concentriques atteintes successivement : ceci à l'échelle du vignoble, comme à celle de la région (fig. 1, zones I, II, III).

b) *Essais de transplantation* : quarante-trois boutures, prélevées en Armagnac sur des pieds de Baco malade ont été plantées en 1956 en serre à la Grande-Ferrade ; quatorze d'entre elles n'ont pas débourré, dix autres ont donné des pousses nettement malades, les dix-neuf restantes enfin se sont développées normalement, avec toutefois une certaine lenteur par rapport aux boutures saines.

La même année, quatorze pieds entiers de *Baco 22 A* malades ont été mis en serre. Ils ont poussé avec beaucoup de vigueur sans d'abord présenter de symptômes. Les lésions libériennes étaient apparemment bien guéries. Or, à la mi-juillet, deux de ces ceps vigoureux commencèrent à présenter les symptômes de la maladie qui ont empiré jusqu'à la fin de la végétation, les rameaux n'aoûtant pas.

Donc une certaine proportion de malades transplantés en 1956 en serre a montré les symptômes de la maladie (1/4 des boutures, 1/7 des ceps). En 1957, 7,5 p. 100 des boutures ont donné des pousses d'aspect nettement malade.

Connaissant le mode d'évolution de la flavescence dorée dans le temps, nous remarquons ici que l'état de guérison partielle n'apparaît pas

seulement au champ dans l'année qui suit la crise, mais également sur les ceps transplantés et sur les boutures prises sur eux. Comme au vignoble cependant, cette guérison n'est pas totale et un pourcentage assez important redevient malade en deuxième année. Donc le comportement est identique au champ et après transplantation.

Nous conclurons cette discussion en remarquant que de nombreux faits semblent s'opposer à l'hypothèse d'une maladie physiologique.

Cependant, comme nous l'avons vu dans les débuts, les conditions de l'année peuvent jouer un rôle dans la gravité de la manifestation des symptômes. Des essais sont en place pour étudier ces facteurs.

Mais le mode d'évolution de la maladie dans le temps et dans l'espace nous a orienté plus spécialement vers la recherche des causes parasitaires possibles.

B) HYPOTHÈSE D'UNE MALADIE PARASITAIRE

La recherche de l'aspect entomologique du problème ayant été confiée à un de mes collègues zoologistes, nous ne parlerons pas ici de cette question ; nous nous limiterons aux essais concernant les champignons, les bactéries et les virus.

1° Bactérie ou champignon parasite.

Un grand nombre d'isolements sur milieux favorables soit aux bactéries, soit aux champignons ont été réalisés en collaboration avec nos collègues MESSIAEN et LAFON, de la Station de Pathologie végétale de la Grande-Ferrade, en partant d'organes très variés des plantes malades. Les champignons isolés étaient soit des saprophytes banaux (*Epicoccum, Cladosporium, Phoma spp.*) constituant la flore normale de surface des sarments de vigne, soit des parasites de faiblesse (*Sphaeropsis Malorum Peck* souvent trouvé) dont la présence ne saurait provoquer les symptômes de la maladie.

Une bactérie vue au microscope puis isolée en milieu artificiel a été déterminée par RIDE, de la Station centrale de Pathologie végétale de Versailles. Il s'agit de *Bacillus cereus* (Frankland) qui semble être un hôte ordinaire de la vigne. Elle a été retrouvée par la suite dans des bois en provenance d'une région non atteinte par la flavescence dorée. Des essais d'inoculation sur feuilles blessées ou non blessées et sur boutures soumises au vide partiel sont restés négatifs.

2° Virus.

Notre rapport d'octobre 1956 : « Recherches et observations sur la maladie du *Baco 22 A* » (4) exposait déjà les résultats des essais de gref-

fage de l'année dernière. Rappelons rapidement le schéma de ces expériences de transmission.

Deux types d'assemblages ont été réalisés, l'un destiné à étudier s'il pouvait y avoir transmission de haut en bas (essai A), l'autre de bas en haut (essai B). Des essais complémentaires ont été faits en 1957.

a) **Essai A de 1956.**

Méthodes : Les sarments provenant d'une même souche de Baco sain originaire d'une zone non malade, ont été taillés en boutures qui furent divisées en deux lots :

— l'un a été greffé avec des bois malades,

— l'autre a reçu des greffons sains.

Fig. 3. — Essai A 1956. Schéma d'une répétition.

Dans les deux cas, l'œil supérieur des boutures a été conservé. Cet ensemble constitué pour les boutures provenant d'un même cep constitue une répétition. Il en a été fait 159 (fig. 3). Les bois malades provenaient de trois origines géographiques différentes.

Les greffons sains ou malades ont été retirés durant la végétation aux époques suivantes :

— au moment de la plantation, après vingt jours de chambre chaude, soit 20 + 0 = 20 jours après le greffage,

— 28 jours après la plantation, soit 20 + 28 = 48 jours après le greffage,

— 62 jours après la plantation, soit 20 + 62 = 82 jours après le greffage.

Les greffons ont été ainsi enlevés l'année même de la plantation (1956) à une époque relativement précoce afin d'obtenir des résultats visibles sur la pousse de la bouture d'origine saine dès l'été 1956.

Ce procédé présentait l'avantage d'avancer rapidement, mais a enlevé une certaine précision à notre essai : nous n'avons pu juger de façon certaine si la greffe était prise ou non. Les proportions de transmission

devaient donc être approximatives. Mais l'essentiel, pour que l'essai fût positif, était d'obtenir une certaine proportion de malades chez les inoculés et aucun chez les témoins. Nous verrons qu'il en a bien été ainsi.

Résultats : La notation de la maladie dans nos essais de greffage a été faite de 0 à 5 ; les notes 1 et 2 indiquent que la plante présente quelques symptômes mais qu'il y a lieu d'attendre pour se prononcer définitivement. Les notes 3, 4 et 5 correspondent à une gravité croissante des symptômes identifiés de façon certaine.

Parmi les 167 témoins, sain sur sain, aucun symptôme, même atténué, de flavescence dorée n'a pu être décelé.

Par contre, parmi les 314 boutures saines ayant reçu un greffon malade (enlevé par la suite), 17 ont présenté des symptômes de flavescence dorée de façon nette (notes 3, 4 et 5), 12 d'entre eux avaient les notes 4 et 5.

La réussite au greffage à la machine étant d'environ 25 p. 100 (et ici encore plus faible puisque certains bois malades étaient mal aoûtés), le chiffre de 17 doit être compté sur un total égal ou inférieur à :

$$314 \times \frac{25}{100} = 78{,}5 \text{ greffes prises.}$$

Le rapport 17/78 nous donne environ 22 p. 100 de transmission de la flavescence dorée par greffage.

L'objection d'une mauvaise soudure de greffe ne nous paraît pas fondée à l'encontre de ce résultat car les greffons avaient été tous retirés et il ne restait que les boutures primitivement saines.

Il semble intéressant de signaler que les 17 plantes malades se répartissaient comme suit, en fonction de la date d'ablation du greffon :

	Nombre de transmissions	Total	Rapport $\frac{\text{malades}}{\text{total}}$
Greffons malades retirés après 20 jours	0	42	0 %
— — 48 —	10	174	5,75 %
— — 82 —	7	98	7,00 %

Il y a progression des transmissions en fonction du temps de contact du greffon malade. Vingt jours ne semblent pas suffisants.

Des symptômes ont apparu à nouveau en 1957 parmi les inoculés.

b) **Essai B de 1956.**

L'essai B de 1956 visait à obtenir la transmission de la maladie de bas en haut et à rechercher l'origine parentale de la sensibilité du *Baco* 22 *A*.

Ce cépage est un hybride de *Noah* × *Folle blanche*. Le *Noah* lui-même est un *Riparia* × *Labrusca*.

Méthode : Les bois de chaque cep malade de *Baco 22 A* donnaient des boutures qui ont reçu des greffons sains des cépages suivants :

Baco 22 A,
Riparia,
Labrusca (Isabelle),
Folle blanche.

Cet ensemble constituait une répétition. Il en a été réalisé 32 (fig. 4).

Les bourgeons de la bouture ont été enlevés et c'est ici la pousse du greffon qui fut examinée. L'essai a été maintenu en place en vue d'un affranchissement des greffons. Il y eut ici un énorme déchet dû à la mauvaise reprise au bouturage et au greffage des bois malades non aoûtés :

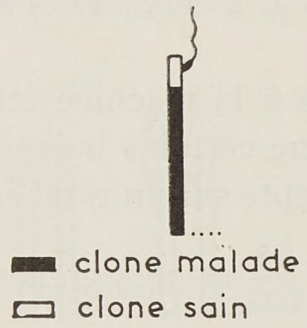


FIG. 4. — Essai B 1956. Schéma d'une répétition.

beaucoup de greffons ont séché après la levée. Seuls les bois malades d'aspect sain ont pu être testés.

Résultats : Dans cet essai, nous avons noté la transmission de la maladie :

à 4 greffons de *Baco 22 A* sur 6 restants,
à 4 greffons d'*Isabelle* sur les 4 restants,
à 3 greffons de *Riparia* sur les 8 restants, mais de façon moins typique.

La *Folle blanche* a été très endommagée par le mildiou.

c) **Essai C de 1957.**

L'essai C de 1957 visait à vérifier et compléter les résultats de transmission obtenus en 1956. L'étude a été faite en partant de bois malades de plusieurs cépages, pris en différents endroits de la zone d'extension du mal. Divers stades de la maladie ont été testés (année de crise, un an, deux ans après).

Méthode : Par souci de travailler sur un matériel homogène du point de vue génétique et sanitaire, l'essai a été divisé comme en 1956 en « répétitions », chacune comprenant les bois d'un seul cep malade et les bois d'un seul cep sain.

Le schéma unique de toutes les répétitions comprend 7 assemblages différents, chacun étant désigné par une lettre (fig. 5). Il a été établi en tenant compte des faits suivants :

— Le cépage sensible servant de test (*Baco 22 A*) est également « résistant » au phylloxéra, ce qui justifie les greffes simples.

— Des greffes doubles ont été réalisées cependant au cas où la soudure supplémentaire retarderait le départ des yeux en chambre chaude. Cet avantage nous semble atténué par la très grande fragilité de ces assemblages.

— Nécessité de vérifier la transmission dans les sens descendant (assemblages G et R) et ascendant (B et V).

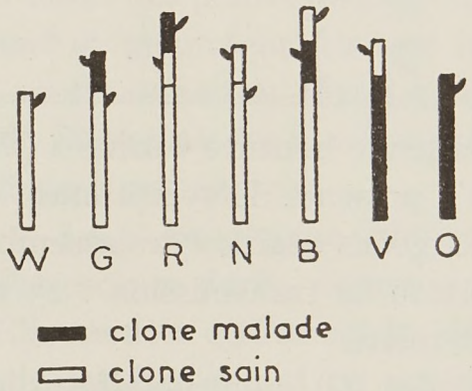


FIG. 5. — Essai C 1957. Schéma d'une répétition.

Mise en place et résultats.

130 répétitions ont été faites suivant le schéma précédent : certains assemblages étant réalisés en double ou triple dans la mesure des possibilités offertes par le cep sain et le cep malade choisis.

Ces répétitions étaient ainsi réparties :

— 3 employant des bois malades de *157 Gaillard*,

— 6 employant des bois malades d'*Ugni blanc* (Saint-Emilion),

— 5 employant des bois malades de *Jurançon*,

— 11 employant des bois de *Baco 22 A* malade pour la 1re fois en 1955,

— 6 employant des bois de *Baco 22 A* malade pour la 1re fois en 1956,

— 99 employant des bois malades de *Baco 22 A* en provenance de plusieurs lieux.

Aucun des bois malades employés ici ne présentait de symptômes de maladie, mais ils provenaient de ceps présentant d'autres sarments malades ou ayant été malades un an plus tôt (état de guérison apparente). En effet, l'expérience de 1956 montrait que les sarments caoutchouteux étaient absolument impropres au greffage et au bouturage.

Avec une telle quantité de répétitions, cet essai devait nous donner des renseignements très précis. Les conditions climatiques furent hélas très mauvaises cette année dans la région pour les pépinières.

Les notations de maladie ont été faites de 0 à 5 comme précédemment et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous (tableau II).

TABLEAU II

Résultats de l'essai C 1957.

Types d'assemblage	Notes de maladie			Total	% de notes 3,4 et 5
	0	1-2	3-4-5		
W et N	45			45	0 %
G et R	15			15	0 %
B et V	24	3	8	35	23 %
O	48	2	4	54	7,5 %

Comme en 1956, aucune bouture « saine » (W) et aucun assemblage « sain sur sain » (N) n'a présenté de symptômes, même atténués.

Par contre, les bourgeons « sains » des assemblages B et V ont accusé une assez forte proportion de transmission : 23 p. 100, comparable aux résultats de l'année dernière.

Les boutures malades (O) n'ont manifesté les symptômes que dans 7,5 p. 100 des cas. Ce pourcentage n'est pas significativement différent de 23 p. 100 trouvé dans le cas du greffage mais il nous semble intéressant de remarquer qu'il lui est inférieur. Ce fait ne nous semble pas être dû au hasard. Il paraît en relation étroite avec le rythme propre de la maladie (cf. évolution dans le temps) : nous prenons les bois malades sur des pieds ayant passé l'état de crise qui, au champ, l'année suivante, auraient peu de chance de manifester des symptômes. Nous supposons qu'il en est de même dans le cas des boutures prises sur eux. Par contre, en transmission de la maladie par greffage, nous observons un œil primitivement sain qui entre donc en état de crise primaire.

Les assemblages G et R qui représentent le test de transmission de haut en bas, correspondent à l'essai A de 1956. Cependant, contrairement à l'année dernière, nous avons conservé ici les greffons malades qui ne seront retirés que cet hiver. L'essai A devait nous donner des renseignements l'année même, celui-ci en deux ans. Mais nous aurons, par contre ici une notation exacte de la reprise des greffes.

Un examen détaillé montre que le plus fort pourcentage de transmission provient des assemblages utilisant les bois prélevés sur des ceps ayant eu leur crise en 1955 et ayant en général présenté des symptômes nuls ou très atténués en 1956 au moment où l'on a récolté les bois pour l'essai.

d) Tests divers concernant l'hypothèse d'un virus.

Essais de transmission mécanique. — Des essais de transmission mécanique ont été faits en serre par scarification légère au carborundum et maintien à l'humidité :

de la vigne à la vigne,

de la vigne à d'autres plantes (cucurbitacées, solanées).

— Des boutures ont été faites avec un sécateur trempé dans un jus de plante malade (ceci dans le but tout à fait pratique de connaître le rôle du sécateur dans la propagation).

Ces deux essais ne nous ont pas donné jusqu'à l'heure de résultats.

Essais de transmission par cuscute. — Nous nous sommes heurtés dans ces essais au fait que les tissus des plants de Baco malades présentant des symptômes se nécrosaient et mouraient dès que la cuscute y enfonçait ses suçoirs. Nous avons, en fin de saison, réussi à faire prendre cette liane sur des boutures issues de Baco malades mais ne présentant pas de symptômes. Ce travail sera donc à reprendre.

Tests de coloration. — La phloroglucine chlorhydrique colore bien les nécroses du liber de la flavescence dorée, comme celles de l'enroulement de la pomme de terre. Elle montre également les défauts de lignification.

Les pulvérisations de saccharose ont pu accentuer en serre les jaunissements des pousses de Baco malade, comme elles le font pour la jaunisse de la betterave.

Le test de Bald (2), employé par Hewitt pour la maladie de Pierce, n'a pas donné de résultats.

C) CONCLUSIONS SUR LA RECHERCHE DES CAUSES

Les résultats des recherches de deux années consécutives ont été concordants. De nombreux faits sont en faveur de l'hypothèse d'une maladie parasitaire et les transmissions par bouturage et greffage apportent, pensons-nous, en l'absence de bactéries et de champignons, une présomption sérieuse en faveur de l'hypothèse que la flavescence dorée est une maladie à virus.

Elle ne figure comme telle sur aucune liste en France ou à l'étranger. Ses symptômes, en particulier les nécroses libériennes et l'accumulation d'assimilats dans les feuilles, doivent l'apparenter aux viroses du type jaunisse (yellows). L'échec des transmissions mécaniques semble confirmer cette parenté. Les jaunisses, en effet, ne sont pas transmissibles mécaniquement mais véhiculées par des insectes.

Beaucoup de problèmes restent encore à résoudre, en particulier l'influence des conditions extérieures sur la gravité de manifestation des

symptômes, la connaissance des vecteurs animaux et des lois qui régissent le rythme de la maladie.

Mais nous pouvons maintenant reconsidérer, à la lumière des résultats de la recherche des causes de la maladie, les principaux traits de la description de la maladie et de son évolution dans le temps et dans l'espace.

V. — DISCUSSION DE L'HYPOTHÈSE VIRUS

Nous avons signalé, au cours de l'étude de l'hypothèse d'une maladie physiologique, un certain nombre de faits qui semblent s'y opposer. Nous nous proposons dans ce chapitre d'étudier si les faits descriptifs et évolutifs de la maladie que nous avons relevés au début de ce travail sont compatibles avec une virose.

A) SYMPTOMES EXTERNES ET INTERNES

Les symptômes externes et microscopiques de la flavescence dorée ne sont pas nouveaux parmi les maladies à virus.

Les rameaux caoutchouteux, par exemple, se retrouvent dans le ruberry wood du pommier.

L'aspect des feuilles chargées d'assimilats est caractéristique des viroses du type jaunisse, comme celle de la betterave ou l'enroulement de la pomme de terre, pour ne citer que les plus connues. Les jaunisses sont généralement dues à des nécroses libériennes, associées ou non à des dépôts de callose.

Le jaunissement sur les nervures est également le symptôme de beaucoup de viroses (vein clearing).

La manifestation partielle, souvent sectoriale, de la maladie, qui a servi de base à notre système de notation, est une des caractéristiques qui fit suspecter la présence d'un virus dans la maladie de Pfeffingen du cerisier, et contredisait l'idée d'une carence admise jusqu'alors (3).

B) ÉVOLUTION DANS LE TEMPS

Le problème des guérisons apparentes que nous avons étudié avec l'évolution de la maladie dans le temps et mentionné tout au long des chapitres suivants, doit être analysé maintenant à la lumière des résultats de la recherche des causes de la maladie.

L'ensemble des observations peut être rapporté à deux cas :

Cas 1 : Durant l'année de crise primaire (première année), certains rameaux des ceps malades restent d'aspect sain. Nous avons vu qu'il se pouvait même que certains pieds soient malades sans présenter de symp-

tômes. Leur nombre peut être approximativement évalué par les prolongements sur la note 0 de l'histogramme C du graphique I en 1956 et de l'histogramme D du graphique II en 1957. Il varie, nous le voyons, avec les années.

Il est très important de connaître l'existence de ces malades sans symptômes car ils doivent se comporter l'année suivante comme ceux qui ont eu une crise avec note de 1 à 5. Le graphique III nous montre, en effet, que le comportement après la crise est le même, que celle-ci se soit manifestée par une note quelconque de 1 à 5. Il doit en être de même pour la note 0.

Cas 2 : Dans l'année qui suit la crise, on assiste après un départ ralenti de la végétation à une régression des symptômes allant le plus souvent jusqu'à un aspect de guérison totale (notes 0 des histogrammes B du graphique I et C du graphique II). L'examen de ces deux distributions montre ici encore une variation de la proportion de guérison suivant les années.

Cette guérison apparente n'est pas due à la taille courte, que la mort des bois de l'année rend souvent nécessaire. On l'observe de façon aussi nette lorsque la taille longue est possible.

Nous avons vu que les ceps malades transplantés se comportaient comme s'ils étaient laissés sur place.

État infectieux de ces bois sans symptômes de maladie. Dans les deux cas que nous venons de citer, les bois en apparence sains sont en réalité infectieux, au moins dans une grande proportion. Ce sont uniquement eux, en effet, que nous avons utilisés en essais de greffage et de bouturage, les bois d'aspect malade mourant en hiver.

De telles boutures donnent des symptômes de maladie dans 7,5 p. 100 des cas, tandis que les bois des mêmes ceps transmettent apparemment la maladie à un bois sain dans 23 p. 100 des cas. Ce bois sain entre ainsi en état de crise primaire, tandis que les boutures malades sont en état de guérison clinique.

Causes de la guérison apparente. Il serait du plus haut intérêt de connaître les causes de cette guérison clinique. En effet, la possibilité de la favoriser pourrait constituer une méthode de lutte et, au contraire, l'aide à la manifestation des symptômes nous serait d'une grande utilité pour l'étude de la maladie.

Ce que nous avons nommé « cas 1 » n'est pas une guérison, la vigne n'ayant pas été malade auparavant ; la gravité de la crise (nombre de rameaux atteints) correspond vraisemblablement à la date de l'infection, comme dans le cas de la jaunisse de la betterave (9) ; nous nous proposons de le vérifier.

Dans le « cas 2 », au contraire, il y a réellement guérison clinique. Les causes de ce phénomène nous échappent encore et nous ne pouvons

faire pour le moment que des hypothèses. La vigne est-elle capable de synthétiser une substance qui s'oppose au virus après la crise? Il se peut aussi que les nécroses libériennes réduisent les tissus extérieurs au bois à une mince couche parfois limitée à l'assise génératrice libéro-ligneuse. Si celle-ci était indemne de virus, comme les méristèmes apicaux (8), on pourrait avoir des guérisons réelles et naturelles. Les pieds ne redeviendraient alors malades que par une nouvelle infection. Ceci est très important car dans ce cas, la lutte contre le vecteur pourrait être efficace. Le caractère infectieux de ces bois d'aspect guéri pourrait être dû alors à cette nouvelle infection.

Comparaison avec d'autres viroses. Les variations de symptômes d'année en année sont fréquentes dans les maladies à virus. La mosaïque du pêcher, par exemple, ne se manifeste en seconde année que par un nanisme. Ce fait peut nous rappeler le départ lent de la végétation des vignes atteintes de flavescence dorée au printemps qui suit l'année de crise. Nombre de viroses d'arbres fruitiers présentent une crise (le shock stage des auteurs anglo-saxons), suivie d'une guérison clinique ; c'est le cas, par exemple, du ring spot du pêcher (I et II). Ce fait se retrouve quelquefois sur des plantes annuelles : citons le ring spot du tabac, ou le comportement sur cette même plante du curly top de la betterave à sucre (7).

C) ÉVOLUTION DANS L'ESPACE

Le mode de propagation dans l'espace de la flavescence dorée est le fait qui nous a semblé, à l'origine, le plus typique d'une maladie parasitaire et nous a orientés plus spécialement dans cette voie.

Rappelons que, tant à l'échelle de la région qu'à celle du vignoble, cette maladie se développe en zones concentriques, le centre étant très malade, les bordures présentant un nombre réduit de souches atteintes. Cette progression d'année en année nous semble caractéristique d'une infection. Il ne s'agit, en effet, pas ici d'une tache de terrain dont la surface croît ou décroît suivant les années ; il y a progression régulière de la maladie. Evidemment de nombreux parasites pourraient avoir ce comportement.

Rappelons aussi que beaucoup de viroses (maladie de Pfeffingen par exemple) attaquent de préférence les pieds les plus vigoureux, comme c'est le cas pour la flavescence dorée. Les conditions de site favorables à l'apparition des taches de maladie dans les zones périphériques pourraient être, nous l'avons vu, en rapport avec les vents, ce qui ferait penser à un vecteur de la maladie (fig. 2).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En conclusion, il nous semble que nous sommes en droit de penser que la flavescence dorée peut être due à un agent infectieux du type des virus, sans doute du groupe de ceux qui provoquent les jaunisses des plantes.

Cette maladie, qui présente un cycle très particulier, se manifeste par une crise grave en première année, suivie d'une guérison clinique dans les années qui suivent. Ce caractère peut nous donner un espoir de parvenir à une méthode de lutte. Mais il semble que la voie de la recherche de cépages résistants soit la plus certaine.

Dans quelles conditions la Flavescence dorée est-elle apparue dans le sud-ouest de la France? Nous ne pouvons faire que des suppositions. Il semble, en tout cas, qu'elle se soit manifestée dans la région où était cultivé le cépage le plus sensible ; sa délimitation géographique au-delà de la zone de culture de *Baco 22 A* et du *Jurançon* est donc incertaine. Devons-nous penser à la réapparition soudaine d'une maladie déjà repérée et confondue avec d'autres accidents? Il semble en tout cas que l'on puisse dire qu'elle est nouvelle dans la région étudiée, car des cépages sensibles y sont cultivés depuis longtemps et la progression par zones concentriques observée actuellement ne pourrait s'expliquer par la réapparition brutale de la maladie sur des pieds déjà infectés.

Nous profitons de cette publication pour remercier le Conseil général et les Chambres d'Agriculture du Gers et des Landes dont l'aide morale et financière nous a été des plus précieuses pour la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont également à M. LEVADOUX, chef de notre laboratoire, aux Directions des Services Agricoles du Gers et des Landes, à M. le directeur du Bureau National Interprofessionnel de l'Armagnac et à M. CANAL Inspecteur de l'I. N. A. O., pour l'aide constante qu'ils nous ont apportée ; à nos collègues de la Recherche Agronomique, MM. MESSIAEN, MORVAN, VUITTENEZ, MARTIN, Mlle AUGIER de MONTGRENIER et M. CORNUET dont l'aide et les conseils nous ont été de la plus grande utilité ; à M. LEGRUX qui a tiré les épreuves de nos clichés et aux viticulteurs d'Armagnac qui ont facilité la mise en place d'essais dans leurs propriétés.

RÉSUMÉ

Une nouvelle maladie de la vigne, la flavescence dorée, s'étend dans le sud-ouest de la France. Ses symptômes : bois caoutchouteux, feuilles jaunes et cassantes, semblent dûs à des nécroses libériennes visibles en coupe. Cette maladie présente un comportement assez particulier : elle commence par une crise grave en première année, suivie d'une guérison apparente l'année suivante. Sa propagation dans l'espace se fait en taches denses au centre, diluées vers la périphérie : ceci à l'échelle de la région comme à celle du vignoble. La recherche des causes nous a montré que beaucoup de faits s'opposent à l'hypothèse d'une

maladie physiologique. Par contre, nous avons obtenu sa transmission par greffage deux années de suite et pensons qu'il pourrait s'agir d'une nouvelle maladie à virus de la vigne.

SUMMARY

A two-year study on the « flavescence dorée », a new serious disease of vine

A new disease of vine, the « flavescence dorée » is spreading over the south-west part of France. Its symptoms : rubbery wood, yellow and brittle leaves, seem to be due to phloem necroses visible in section. This disease has a very peculiar life-cycle : it begins by a serious attack in the first year, followed by an apparent recovery in the following year. During propagation, spots appear in greater density in the center, becoming spacer round the perimeter, and this happens at the scale of whole districts as well as at vineyard-scale. The research into its causes has showed us that many facts are opposed to the hypothesis of a physiological disease. On the contrary, we have obtained its transmission by grafting for two successive years, and we think that it could be a new virus-disease of vine.

РЕЗЮМЕ

Два года изучения золотистаго желтения, новой опасной болезни винограда.

А. КОДВЭЛЬ.

Новая болезнь винограда, золотистое желтение распространяется на юго-западной Франции.

Ея симптомы, древестность каучуковая, листья желтые и ломкие, кажутся последствием некрозов древесины видимых в разрезе. Эта болезнь представляет некоторые особенности : она начинается серьезным кризисом в первом году, за которым следует видимое выздоровление во втором году.

Ея пространственное распространение происходит плотными зонами в центре, более разреженными в периферии : и это по масштабу целаго района, как и одного виноградника.

Поиски причин нам показали, что много фактов опровергают гипотезу физиологической болезни. Наоборот, мы получили передачу прививкой в течении двух лет и мы думаем, что дело идет о новой вирусной болезни винограда.

ZUSAMMENFASSUNG

Zwei Jahre langes Studium der goldgelben Verfärbung, einer neuen schweren Krankheit der Weinrebe

Im Südwesten Frankreichs breitet sich eine neue Krankheit der Weinrebe aus, die goldgelbe Verfärbung. Seine Anzeichen, kautschukartiges Holz und gelbe, spröde Blätter, scheinen durch Bastnekrosen hervorgerufen zu sein, die im Schnitt sichtbar werden.

Diese Krankheit zeigt ein ziemlich eigenartiges Benehmen : Sie beginnt mit einer gefährlichen Krise im ersten Jahr, der eine scheinbare Heilung im

nächsten Jahr folgt. Ihre räumliche Ausdehnung vollzieht sich mit dichten Flecken in der Mitte, die sich gegen die Randzone auflockern. Diese Abstufung ist im Gebiet die gleiche wie am Weinberg. Die Erforschung der Ursachen hat uns bewiesen, dass viele Fakten der Hypothese einer physiologischen Krankheit widersprechen. Dagegen gelang uns ihre Übertragung durch Pfropfen in zwei aufeinander folgenden Jahren. Wir nehmen an, dass es sich um eine neue Viruskrankheit der Weinrebe handelt.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) *Agriculture Handbook.* — Virus diseases and other disorders with virus-like symptoms of stone fruits in North America, U. S. D. A. nº 10, 1951.
(2) Bald's method for staining viruses (Technics of Plant Histochemistry and virology de Rawlins (T. E.) et Takahashi (W. N.). Cette méthode nous a été aimablement transmise par M. Hewitt.
(3) Blumer (M.). — Maladies à virus des arbres fruitiers. *Rapport au Congrès Pomologique d'Annecy*, 95-102, 1954.
(4) Caudwell (A.). — Recherches et observations sur la maladie du *Baco 22 A. Réveil Landais*, 2e quinzaine d'octobre 1956.
(5) Gärtel (W.). — *Rheinischen Weinzeitung*, 64, 67, 1953.
(6) Levadoux (L.). — L'état sanitaire et la sélection du *Baco 22 A. Agriculture*, nº 172, 257-259, octobre 1955.
(7) Limasset (P.) et Darpoux (H.). — *Principes de pathologie végétale.* Dunod, Paris, P. 285.
(8) Limasset (P.) et Cornuet (P.). — Etude de la corrélation entre l'âge des organes aériens et la quantité de virus contenue dans ces derniers chez le tabac infecté par le virus de la mosaïque du tabac. *Annales Epiphyties*, nº 3, 274-285, 1950.
(9) Lüdecke (H.), und Neeb (O.). — Über die Beziehungen zwischen Infektionszeitpunkt und Schädigungsgrad bei der virösen Vergilbungskrankheit der Zuckerrübe. *Zucker*, **8**, 12, 259-266, 1955.
(10) Ravaz (L.) et Verge (G.). — Le rougeot de la vigne. *Progrès agric. et vitic.* **81**, 11-17, 35-38, 86-89, 110-113, 135-141.
(11) Richards (B. L.) and Cochran (L. C.). — Virus and viruslike diseases of stone fruits in Utah. *Utah Agric. Exp. Sta.* bull. 384, 1957.
(12) MM. Bernard Rande, Philip et Lafuerza.

HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES ET INTERGÉNÉRIQUES (1)

PAR

M. SIMONET

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

L'hybridation est un processus de variation extrêmement puissant.

On connaît depuis longtemps déjà des hybrides interspécifiques, qu'ils aient été réalisés entre plantes appartenant à une même section botanique ou à des sections différentes.

Les importantes études cytogénétiques de ces dernières années ont montré que l'hybridation était également réalisable entre espèces ayant ou un même nombre chromosomique ou des nombres distincts, aneuploïdes ou polyploïdes.

Du point de vue géographique, on sait aussi que des aires d'origine éloignée ne sont pas un obstacle à l'hybridation artificielle. Le chimisme, du moins celui des glucosides, ne s'oppose pas non plus à la réussite de certains hybrides.

Beaucoup d'hybrides s'opèrent librement dans la nature, les flores en indiquent toujours quelques-uns ; et lorsque la fécondation croisée est obligatoire leur nombre peut être élevé si plusieurs espèces affines, ayant une même époque de floraison, poussent à proximité.

L'amélioration des plantes doit beaucoup à l'hybridation ; de nombreuses variétés cultivées n'ont pas d'autre origine, aussi bien chez les formes arborescentes ou arbustives, forestières, fruitières ou d'ornement que chez les plantes horticoles ou agricoles.

L'HYBRIDATION CHEZ LES *IRIS*

A cet égard, très instructive est l'origine et l'histoire des *Iris des Jardins* (*germanica* Hort.) que la cytogénétique a permis de retracer et de préciser. Depuis longtemps déjà les auteurs ont pensé que ces *Iris* provenaient du croisement de l'*Iris pallida* (à fleurs concolores, bleu-malvacées) et de l'*Iris variegata* (à fleurs bicolores, jaunes et réticulées

(1) Conférence faite à la réunion constitutive de l'Association européenne pour l'Amélioration des plantes (Eucarpia) à Wageningen le 3 juillet 1956.

de brun-rouge) dont il existe d'ailleurs des hybrides naturels dans le Tyrol et en Dalmatie qui se rapprochent beaucoup des formes primitives appelées *I. squalens* Hort. (DYKES, 1922). Nous avons fait l'hybride (1951) et, en F_1, nous avons obtenu des plantes plus ou moins fertiles, rappelant, en effet, certaines variétés très anciennes, par leurs fleurs dont la coloration fumée, réticulée de brun-rouge, résulte de la combinaison intime des tonalités présentes chez les espèces parentes. L'intercroisement des individus F_1, et les croisements en retour (*pallida-variegata*) nous ont donné des plantes très voisines d'autres types très anciens.

A la fin du siècle dernier, ont été introduites du Proche-Orient, quatre ou cinq espèces (*trojana, cypriana, Ricardi, macrantha, mesopotamica*) à fleurs bleu-violacé qui ont apporté le caractère grandiflore dans les *Iris des Jardins*, soit par leur intercroisement, soit par leur hybridation avec les variétés anciennes, avec apparition de tonalités fumées dans les fleurs, ainsi que cela a été observé pour les variétés primitives à petites fleurs.

Du point de vue cytologique, nous avons montré (1932) que les *Iris pallida, variegata* et toutes les variétés anciennes à petites fleurs sont diploïdes ($2n = 24$), les espèces et les formes à grandes fleurs sont tétraploïdes ($2n = 48$), et les hybrides entre les deux groupes sont triploïdes ($2n = 36$) (fig. 1). Mais plusieurs accidents chromosomiques se sont produits. Ainsi, l'*Iris Ambassadeur* (Vilmorin), tout en résultant du croisement d'un type diploïde (*I. Liberia*, $2n = 26$) par un tétraploïde ($n = 24$), n'est pas triploïde, mais tétraploïde ($2n = 50$), à la suite d'un doublement chromosomique ♀ (♀$2n = 26$ + ♂ $n = 24$: $2n = 50$) ; et il a introduit dans les variétés tétraploïdes les tonalités fumées jusqu'alors seulement présentes chez les formes diploïdes et triploïdes (loc. cit.). Le cas de l'*Iris Ambassadeur* n'est pas isolé. Probablement à la suite de remaniements chromosomiques, on trouve aujourd'hui dans les *Iris des Jardins*, des types à fleurs, non plus violacées, mais aux teintes variées dans lesquelles le jaune se manifeste de plus en plus intensément.

D'autre part, fait unique, du moins à notre connaissance, cette année, de nombreuses variétés d'*Iris des Jardins* ont été complètement gelées par les grands froids tardifs du mois de février avec le comportement qui suit.

Au point de vue végétatif, les espèces parentes peuvent appartenir à deux rythmes très différents : l'un qui débute à l'automne par une émission de feuilles se poursuivant progressivement pendant toute la période hivernale, l'autre qui reste aphylle pendant tout l'hiver et dont le départ foliaire n'a lieu qu'au tout premier printemps.

Au premier type correspondent, chez les diploïdes, certaines formes littorales de l'*Iris pallida* et toutes les espèces tétraploïdes à grandes

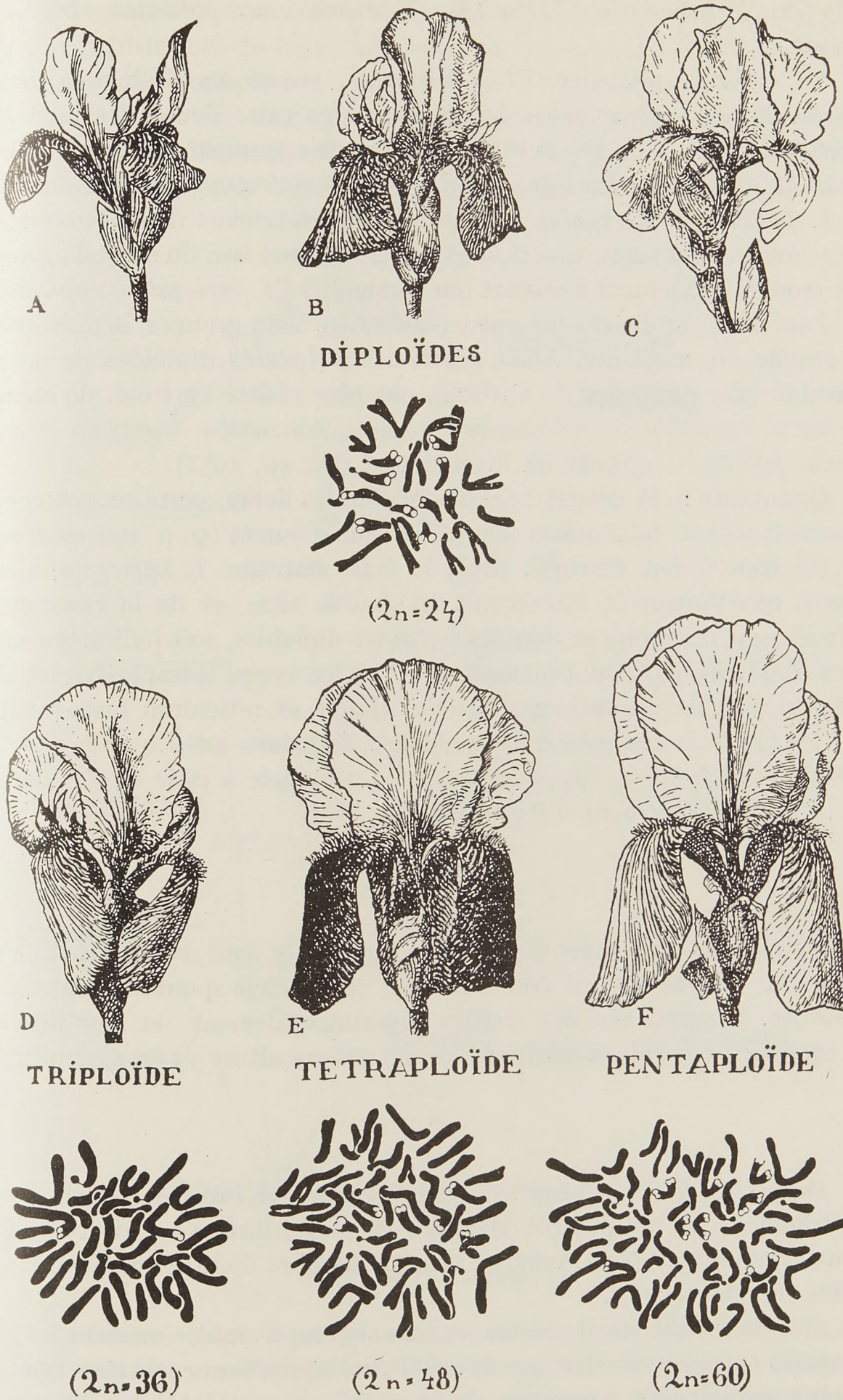


FIG. 1. — Polyploïdie chez les « Iris des Jardins » (*I. germanica* Hort.). Gigantisme floral et nombres chromosomiques. A, B, C : formes diploïdes ($2n$), A, *I. variegata* ; B, *I.* × *Bellatrix* Vilm. ; C, *I. pallida* ; D, variété triploïde ($3n$), *I.* × *Isoline* Vilm. ; E, variété tétraploïde ($4n$), *I.* × *Altaïr* Vilm. ; F, variété pentaploïde ($5n$), *I.* × *Magnifica* Vilm.

fleurs du Proche-Orient (*Ricardi, cypriana, mesopotamica, trojana, macrantha*).

Au second appartient l'*Iris variegata*, parmi les diploïdes, l'*Iris aphylla* chez les tétraploïdes de l'Europe Centrale. Toutes les espèces, variétés horticoles et les hybrides du premier groupe, notamment les *I. pallida dalmatica, Ricardi* × *pallida* (Mlle SCHWARTZ) et certains de nos *I. pallida* × *macrantha* ont été ou complètement détruits ou très fortement endommagés, tandis que tout le matériel issu du second groupe s'est montré totalement résistant (en particulier l'*I. variegata* × *aphylla*).

Pour les hybrides réalisés entre plantes des deux groupes, la résistance est grande ou suffisante. Ainsi, les *Iris des Jardins* diploïdes de notre collection (une quinzaine de variétés) ont bien résisté au froid, de même que les *I. variegata* × *pallida, variegata* × *macrantha, variegata* × *cypriana, pallida* × *aphylla* ou inversement (*loc. cit.* 1951).

Quant aux hybrides tétraploïdes à grandes fleurs, certains ont complètement résisté, tel *Ambassadeur*, alors que d'autres (50 p. 100 environ) ont été tout à fait détruits. Ainsi le type sauvage, *I. variegata*, s'est montré génétiquement intéressant au double titre, et de la résistance au froid, soit directement chez ses hybrides diploïdes, soit indirectement, après doublement chromosomique ♀, chez les types tétraploïdes, et de l'introduction de colorations nouvelles (jaune et reticulum brun-rouge) chez les fleurs de ces mêmes tétraploïdes. Signalons aussi que la grande résistance au froid de l'*I. aphylla* ($2n = 48$) égale à celle de l'*I. variegata*, mérite grandement d'être utilisée.

***

Quant aux croisements intergénériques, ils sont beaucoup moins fréquents ; malgré tout, il s'en crée aussi quelquefois spontanément dans la nature. D'autres ont été réalisés expérimentalement ; et leur intérêt est également grand en horticulture, en arboriculture et en agriculture.

***

Beaucoup de ces hybrides interspécifiques et intergénériques sont partiellement ou totalement stériles ; cette stérilité n'ayant d'ailleurs qu'une importance toute relative puisque nombre d'entre eux sont multipliés végétativement.

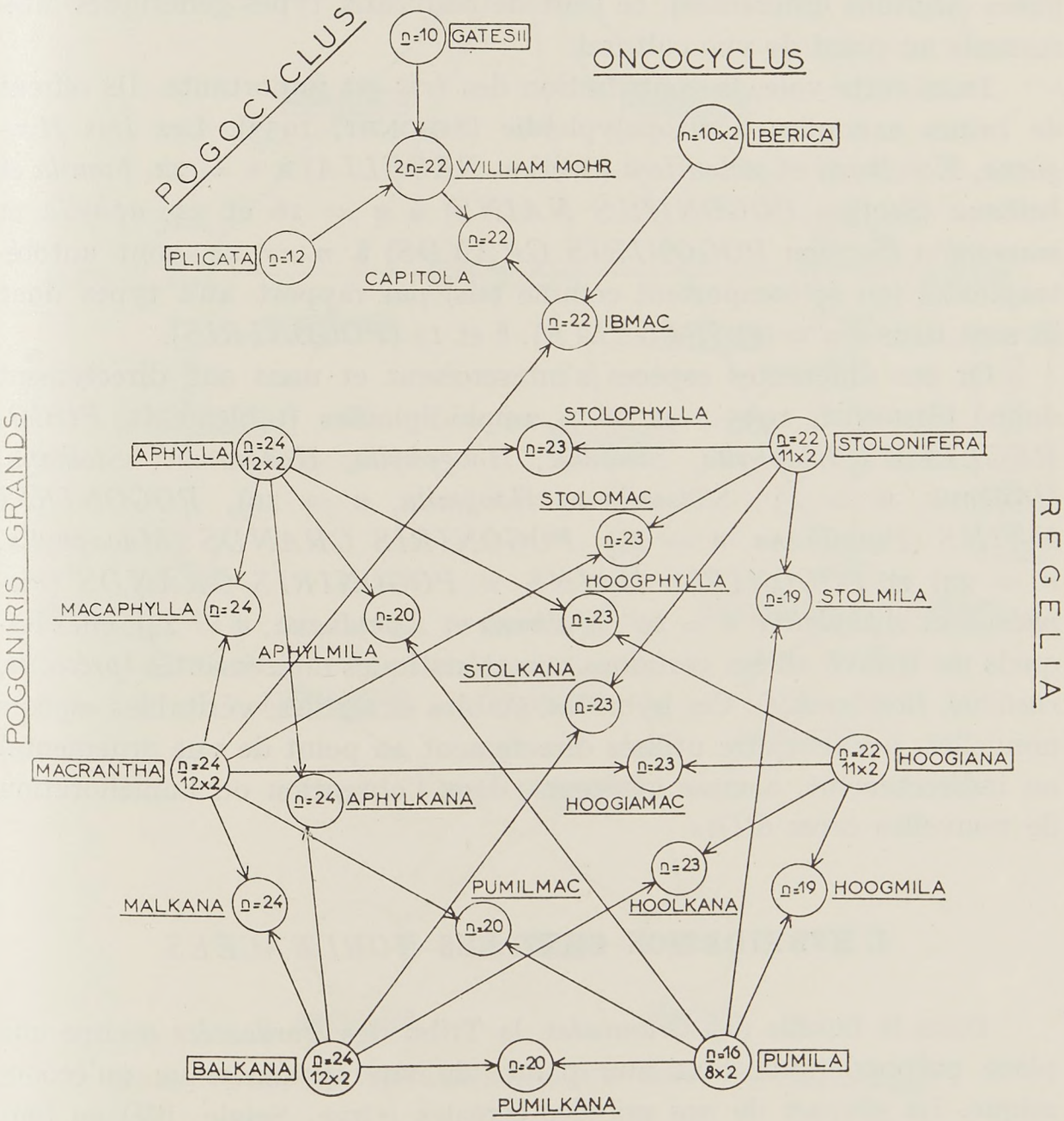
Mais la fertilité peut exister, et être acquise d'emblée ou dans les générations successives selon que les géniteurs appartiennent à des espèces proches ou éloignées, à nombres chromosomiques semblables ou distincts.

Lorsque les hybrides F_1 sont directement fertiles, une seconde génération (F_2) doit être obtenue de manière à voir apparaître, à son maxi-

mum, la variabilité recherchée. A d'autres points de vue, l'*hétérosis* de la F_1 est utilisable de façon intéressante (notamment chez les hybrides forestiers par exemple).

Les études cytologiques ont montré que cette fertilité résultait souvent de doublements chromosomiques partiels (♀ ou ♂) ou totaux aboutissant ainsi à la formation d'amphidiploïdes.

TABLEAU I



La formule génômique de beaucoup de nos plantes cultivées montre que ce sont des amphidiploïdes : (*Triticum, Rosa, Helianthus, Fragaria, Colza, Nicotiana, Prunus, Dahlia*, etc.). On sait que l'amphidiploïdie peut se produire naturellement ou être induite artificiellement (chocs de température, radiations, façons culturales, traitements chimiques, etc.).

Elle est *directement* obtenue par le croisement d'espèces autotétraploïdes ; elle est *indirecte* lorsque c'est l'hybride F_1 qui donne naissance à une descendance polyploïde ; soit par voie sexuelle, soit par variation somatique.

Les hybrides amphidiploïdes sont souvent fertiles et stables, c'est-à-dire que dans les générations successives, il n'y a pas apparition de disjonction génétique. Ce sont en réalité de *nouveaux Genres* ou de *nouvelles espèces* qui sont ainsi créés et lorsqu'ils sont issus d'espèces éloignées (sections différentes), ce sont de nouveaux types génétiques intéressants au point de vue cultural.

Dans cette voie, la contribution des *Iris* est importante. Ils offrent de beaux exemples d'autopolyploïdie (SIMONET, 1953). Les *Iris Hoogiana, Korolkowi* et *stolonifera* (Section *REGELIA*) à $n = 22$, *pumila* et *balkana* (Section *POGONIRIS NAINS*) à $n = 16$ et 24, *aphylla* et *macrantha* (Section *POGONIRIS GRANDS*) à $n = 24$, sont autotétraploïdes (ou se comportent comme tels) par rapport aux types dont ils sont issus à $n = 11$ (*REGELIA*), 8 et 12 (*POGONIRIS*).

Or ces différentes espèces s'intercroisent et nous ont directement donné (SIMONET, 1955 *a* et *b*) 14 amphidiploïdes (tableau I), *POGO-REGELIA* (*Stolophylla, Stolomac, Hoogphylla, Hoogiamac, Stolkana, Hoolkana*, $n = 23$; *Stolomila* et *Hoogmila*, $n = 19$), *POGONIRIS NAINS* (*Pumilkana*, $n = 20$), *POGONIRIS GRANDS* (*Macaphylla*, $n = 24$) et *POGONIRIS NAINS* × *POGONIRIS GRANDS* (*Pumilmac* et *Aphylmila*, $n = 20$; *Malkana* et *Aphylkana*, $n = 24$), chez lesquels on trouve alliées certaines caractéristiques intéressantes (*précocité, rusticité, floribondité*). Ces hybrides, stables et fertiles, véritables espèces nouvelles, peuvent être utilisés directement au point de vue ornemental ou indirectement, comme géniteurs, dans l'obtention ou l'amélioration de nouvelles races d'*Iris*.

L'HYBRIDATION CHEZ LES *HORDEACÉES*

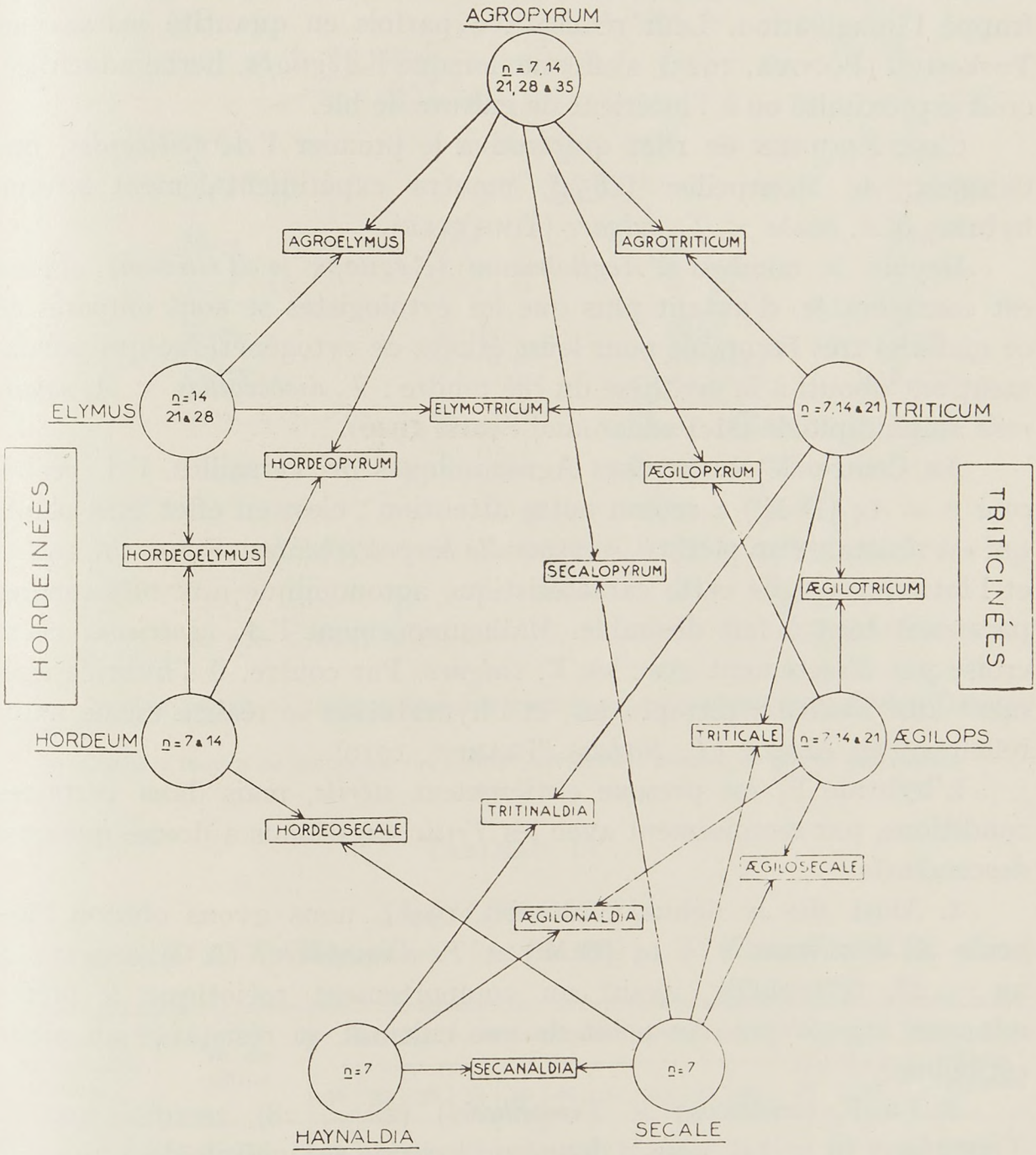
Dans la famille des *Graminées*, la Tribu des *Hordeacées* occupe une place prépondérante tant aux points de vue systématique qu'économique. La plupart de nos grandes céréales (Orge, Seigle, Blé) en font partie.

Du point de vue chromosomique la section entière est très homogène, représentée par des Genres et des espèces faisant tous partie d'une série polyploïde multiple de $n = 7$.

A l'intérieur des *Hordeacées*, l'hybridation est banale ; elle a été montrée possible entre Genres et espèces d'une même sous-tribu ; mais les représentants des *Hordéinées* et des *Triticinées* sont également sus-

ceptibles de s'intercroiser, que leur degré de polyploïdie soit identique ou hautement dissemblable (tableau II).

TABLEAU II



HYBRIDES INTERGENERIQUES DES HORDEACÉES

I. — *Aegilotricum*

Le Genre *Aegilops*, à première vue, ne semble guère s'apparenter aux *Triticum*. Leur végétation gracile, leur port couché-ascendant et leur taille réduite s'oppose au port dressé, à la taille en général élevée et à la végétation vigoureuse des blés. Leurs épis lâches, cylindriques, le plus souvent à glumes et glumelles fortement barbues, leurs petits grains,

s'opposent également aux épis denses, plats et aux grains relativement volumineux des blés.

Dans la classification, ils appartiennent à la même sous-tribu des *Triticinées* et dans la nature ils donnent parfois entre eux, lorsque les conditions sont favorables, des hybrides intergénériques qui ont déjà frappé l'imagination. Leur réalisation, parfois en quantité *massale* au Turkestan (Popova, 1923), s'effectue lorsque l'*Aegilops*, herbe adventice, croît à proximité ou à l'intérieur de culture de blé.

C'est Requien en 1821 qui trouva le premier l'*A. triticoides*, que Godron, de Montpellier (1854), montra expérimentalement être un hybride d'*A. ovata* × *T. vulgare* (Touzelle).

Depuis, le nombre d'*Aegilotricum* (*Aegilops* × *Triticum*) obtenu est considérable, d'autant plus que les cytologistes se sont emparés de ce matériel très favorable pour leurs études de cytogénétique qui notamment ont abouti à la synthèse du blé tendre : *T. dicoccoides* × *A. squarrosa* amphidiploïde (McFadden and Sears, 1946).

Au Centre de Recherches Agronomiques de Versailles, l'*A. ventricosa* $n = 14$ (D M^v) a retenu notre attention ; c'est en effet une plante qui est résistante au piétin (*Cercosporella herpotrichoides*) (Sprague, 1936) ; et l'introduction de cette caractéristique agronomique aux blés tendres paraissait tout à fait désirable. Malheureusement l'*A. ventricosa* ne se croise pas directement avec les *T. vulgare*. Par contre, il s'hybride aisément aux *Triticum* tétraploïdes, et l'hybridation se réalise même naturellement en Algérie (*T. Rodeti*) (Trabut, 1919).

L'hybride F_1 est presque entièrement *stérile*, mais dans certaines conditions, par recroisement avec les *Triticum*, il nous a donné quelques descendants.

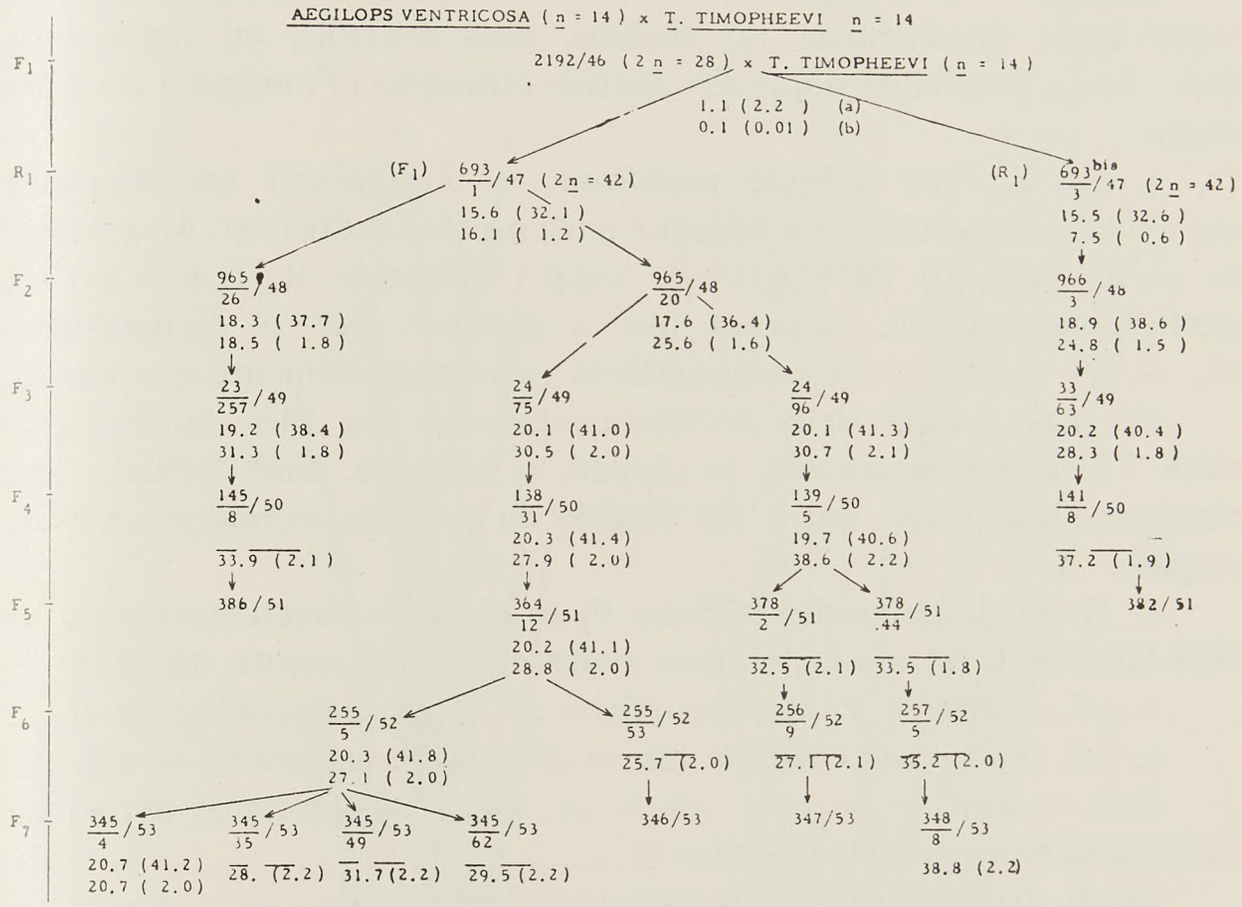
1. Ainsi, dès le début (Simonet, 1948), nous avons obtenu l'hybride *A. ventricosa* $n = 14$ (D M^v) × *T. Timopheevi* (A G) $n = 14$, à $2n = 28$, tétraploïde, ayant un comportement méiotique à prédominance *asyndétique*. Au point de vue cultural, sa résistance au piétin est bonne.

2. La F_1 (*ventricosa* × *Timopheevi*) ($2n = 28$), recroisée par *T. Timopheevi* ($n = 14$), nous a donné un hybride sesquidiploïde à $2n = 42$ (à la suite d'un doublement chromosomique ♀).

Actuellement, en F_{11}, cet hybride à $2n = 42$ ($n = 21$) est pratiquement stable (morphologiquement et chromosoniquement) et hautement fertile.

La stabilisation a été très graduelle : nous l'avons obtenue en recherchant chaque année les plantes à $2n = 42$, puis en choisissant parmi elles, celles ayant le meilleur comportement méiotique, la fertilité la plus élevée en pollen et en grains (par épi et épillet) (tableau III). En F_8, 94 p. 100 environ des plantes sont à $2n = 42$ (tableau IV).

Tableau III



(a) Nombre moyen de configurations chromosomiques ; entre parenthèses, nombre d'éléments conjugués.

(b) Nombre moyen de grains par épi ; entre parenthèses, nombre de grains par épillet.

Tableau IV

AEGILOTRICUM

[*A. ventricosa* × *T. Timopheevii* (2*n* = 28)] × *T. Timopheevii* (*n* = 14)

Génération des hybrides étudiés	No. de culture	Formule chromosomique observée (2*n*)										% de plantes à 2*n* = 42	Nombre de plantes examinées
		36	37	38	39	40	41	42	43	44	45		
F_2	965/48	13	20	20	28	30	19	12	4	2	1	8	149
F_3	24/49		1	3	8	27	24	19	14	2	2	19	100
	23/49		1	3	17	28	27	16	5	3		16	100
	33/49				7	16	40	17	4			20,2	84
F_4	138/50						10	61	3	1		81,3	75
	139/50						11	54	10			72	75
	141/50					3	20	46	6			61,3	75
	142/50					2	8	14	1			56	25
F_5	364/51					2	6	37	2			78,7	47
	378/51						2	27	3	1		81,8	33
F_6	255/52						6	47				88,6	53
F_7	345/53						4	50				92,5	54
F_8	333/54					1	1	47	1			94	50

Ces résultats sont à rapprocher de ceux signalés par Mlle Sorokina (1938), qui avait obtenu un hybride constant, fertile, à $2n = 42$ *A. ventricosa* × *T. durum* très semblable à l'Epeautre. Malheureusement toute cette descendance fut réalisée, sans contrôle, en fécondation libre ; et la possibilité d'une fécondation étrangère (*T. vulgare*) n'est pas exclue.

3. En F_3, cet hybride *ventricosa* × *Timopheevi* sesquidiploïde ($2n = 42$) a été croisé sans difficulté avec un blé tendre (var. *Magdalena*) ($n = 21$, A B D) (Mlle Salvat, 1954). L'hybride R_1 ($2n = 42$) est partiellement fertile, n'ayant que 4 génômes sur 6 d'homologues ($8_{II} + 2_{III} + 20_I$). (11,3 configurations pour 25,5 éléments conjugués).

En 1955, après deux recroisements avec les Blés tendres (variété *Thatcher*) les plantes, la plupart à $2n = 42$, sont fertiles. Leur résistance au piétin, qui a été étudiée au premier recroisement, reste acquise.

4. Enfin, les hybrides initiaux F_1 se croisent directement avec les blés tendres. C'est ainsi que nous avons obtenu (Simonet, 1952) :

1. [*A. ventricosa* × *dicoccum* ($2n = 28$)] × *T. vulgare* ($n = 21$),
2. [*A. ventricosa* × *durum* ($2n = 28$)] × *T. vulgare* ($n = 21$),

à $2n = 49$ (♀ $2n = 28$ + ♂ $n = 21$: $2n = 49$) également après doublement chromosomique d'origine ♀.

Ces R_1 trihybrides sont partiellement fertiles.

L'étude du dernier a été poursuivie par notre collègue Mme Cauderon qui a trouvé dans la descendance des plantes à $2n = 42$, de plus en plus fertiles dans les générations successives :

F_2 : 1 (1,5 p. 100).
F_3 : 27 (61 p. 100).
F_4 : 31 (55 p. 100).

A ce stade (F_4) la meilleure d'entre elles présentait 33 graines par épi (2,5 par épillet).

Dans cet exemple, la résistance au piétin reste aussi acquise.

Ces résultats encourageants nous ont engagé à étendre ces travaux d'hybridations aux autres *Triticum* 4*n* en opérant :

1. *directement* sur les F_1 comme précédemment ;
2. *indirectement* en essayant de fixer ces F_1 par l'obtention d'amphidiploïdes correspondants ($2n = 56$), donnant, non plus accidentellement, mais régulièrement des gamètes en majorité à $n = 28$.

Ces géniteurs amphidiploïdes (tableau V) obtenus après traitement à la colchicine (0,025 p. 100) (fig. 2) sont stables, fertiles et résistants au piétin. Des recroisements avec des blés tendres méritants sont à l'étude, tant des points de vue résistance au piétin que de la productivité.

Outre la résistance au piétin, ces divers *Aegilotricum* réalisés à

Fig. 2. — Epis des *Aegilops ventricosa*, *Triticum dicodccoïdes* et de leur hybride intergénérique amphidiploïde. A, *A. ventricosa* ($2n = 28$) ; B, *A. ventricosa* × *T. dicoccoïdes* ($2n = 56$) ; C, *T. dicoccoïdes* ($2n = 28$) (réduction d'un quart).

partir d'*A. ventricosa* devraient apporter quelques caractéristiques intéressantes d'origine *Aegilops* :

Précocité ;

Tallage ;

Résistance à la sécheresse.

Par contre, sont à rejeter ou à corriger :

Fragilité (épi et chaume) ;

Faible productivité ;

Sensibilité à la rouille jaune,

caractéristiques que l'on peut facilement améliorer par l'emploi judicieux de certaines variétés de blés tendres qui possèdent des gènes de résistance à ces divers facteurs régressifs.

TABLEAU V

AEGILOTRICUM amphidiploides
(Comportement méiotique et fertilité)

Anneés d'obtention	Combinaison hybride	Années de l'examen	Comportement méiotique		Nombre de grains		Années de récolte
			(1)	(2)	épi	épillet	
1950	*A. ventricosa* × *T. dicoccoides*	1951	27,3	(54,8)	24,3	1,9	1954
1952	*A. ventricosa* × *T. persicum* (a)	1953	26,9	(54,1)	27,9	1,9	1954
1953	*A. ventricosa* × *T. dicoccum* (b)	1955	27,3	(54,8)	30,4	2,1	1955
1954	*A. ventricosa* × *T. durum* (a)						
1955	*A. ventricosa* × *T. Timopheevi*						

(1) Nombre de configurations chromosomiques
(2) Nombre d'éléments conjugués
(*a*) Obtenus et étudiés par Mme OMETZ
(*b*) Obtenu par Mme CAUDERON

D'une manière générale, à première vue, les *Aegilotricum* sont morphologiquement voisins du géniteur *Triticum*, notamment les F_1 dont la taille assez élevée accuse beaucoup cet aspect général.

Mais une analyse détaillée des amphidiploïdes montre leur comportement tout à fait intermédiaire. Ce sont de véritables compromis entre les deux géniteurs ♂ et ♀, par suite de la dominance, d'ailleurs partielle, de caractères appartenant à l'un ou l'autre parent (SIMONET, 1957).

II. — *Agrotriticum*

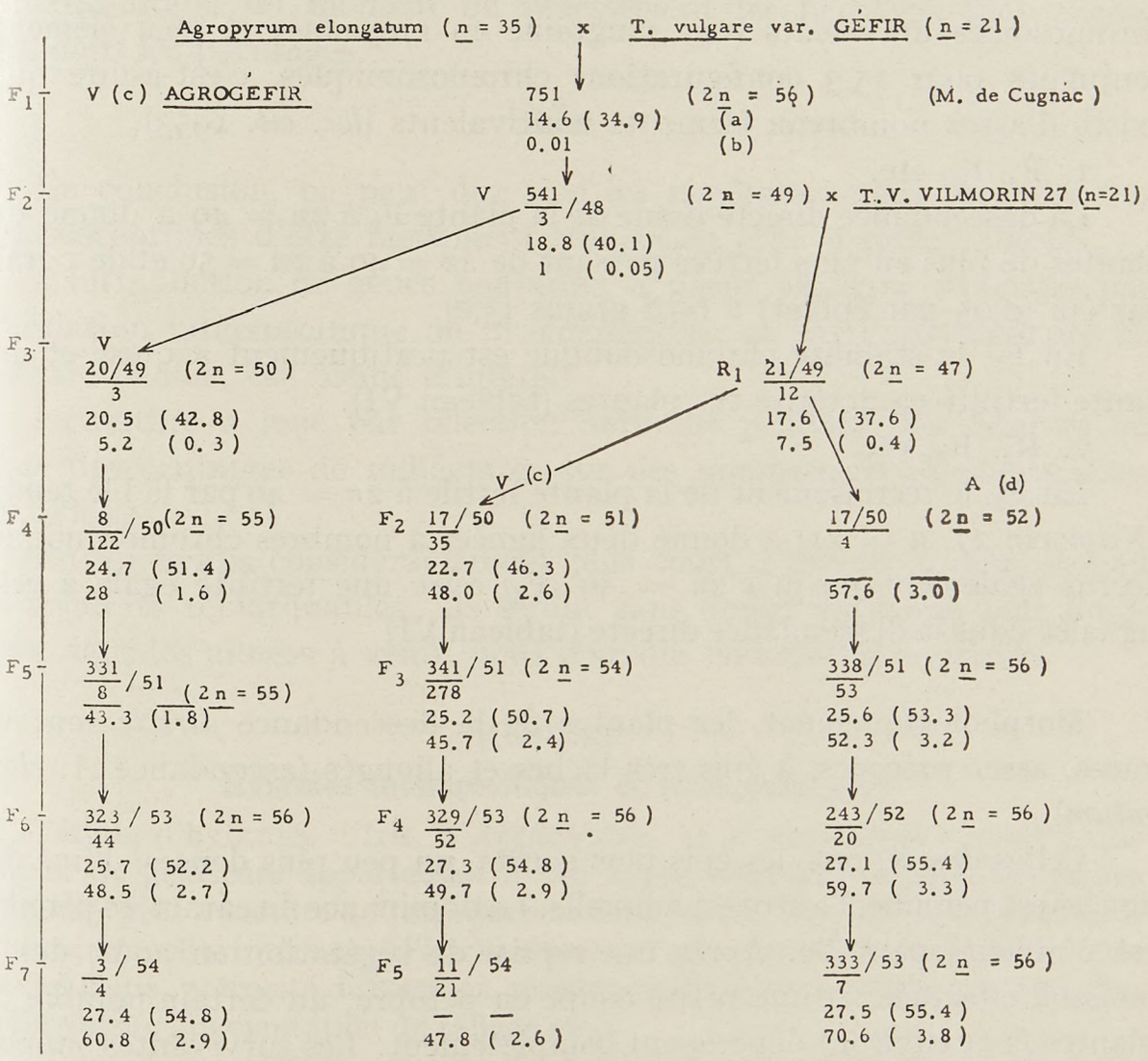
Les *Agrotriticum*, hybrides entre *Agropyrum* (chiendent), dont toutes les espèces sont vivaces, et *Triticum* (Blé), ont été obtenus pour la première fois par les savants russes (TZITZINE, 1933).

M. DE CUGNAC, Professeur à la Sorbonne, a pu réaliser certains *Agrotriticum* (DE CUGNAC et SIMONET, 1953) entre l'*A. elongatum* et di-

verses espèces de *Triticum*, (*T. dicoccum*, *dicoccoides*, *turgidum* et *vulgare*). L'*Agropyrum* correspond à une plante décaploïde ($2n = 70$) originaire de la Russie, qu'il ne faut pas confondre avec son homonyme diploïde ($2n = 14$), qui croît dans les prairies salines du littoral méditerranéen. Cette plante russe, cespiteuse, est hautement résistante au froid.

Les caractères de l'*Agropyrum elongatum* sont nettement dominants ; les hybrides F_1. , également perennes, ne diffèrent guère de celui-ci que par quelques détails peu importants (dimensions des feuilles ou des tiges, hétérosis, par exemple).

Tableau VI



(a) Nombre moyen de configurations chromosomiques ; entre parenthèses, nombre d'éléments conjugués.
(b) Nombre moyen de grains par épi ; entre parenthèses, nombre de grains par épillet.
(c) Lignée vivace.
(d) Lignée annuelle.

Les étamines de ces divers hybrides sont indéhiscentes. A la floraison, les épillets « baillent » plusieurs jours, et toutes ces plantes sont, en définitive, hautement stériles. Néanmoins les ovaires sont parfois fonctionnels, puisqu'en fécondation libre, à l'abri de toute pollinisation

étrangère, nous avons récolté, en 1948, sur l'*A. elongatum* × *T. vulgare* (var. Géfir), 10 graines sur environ 1 000 épis décortiqués. Les quelques grains obtenus sur cet hybride à $2n = 56$ (♀ $n = 35$ + ♂ $n = 21$) ont donné naissance à 5 germinations dont seulement 3 parvinrent à l'état adulte, l'une d'entre elles à $2n = 49$ avait des étamines déhiscentes et un pollen renfermant 50 p. 100 de grains bien conformés, nous permettant d'obtenir une F_2 partiellement fertile. La descendance directe et les recroisements sont à l'étude à la Station Centrale d'Amélioration des Plantes du Centre de Recherches Agronomiques de Versailles (tableau VI).

L'A. elongatum × *T. vulgare* (var. Géfir) à $2n = 56$ (♀ $n = 35$ + ♂ $n = 21$) a un comportement méiotique fort complexe et le nombre $2n = 56$ n'en facilite pas l'examen. Il y a un nombre élevé de chromosomes univalents (une vingtaine en moyenne) et 36,4 éléments conjugués pour 15,3 configurations chromosomiques, c'est-à-dire qu'il existe d'assez nombreux éléments multivalents (*loc. cit.* 1953).

1. F_2, F_3, etc.

La descendance directe (issue de la plante F_2 à $2n = 49$ a donné des plantes de plus en plus fertiles passant de $2n = 49$ à $2n = 56$ et de 1 grain par épi (0,05 par épillet) à 60,8 grains (3,0).

En F_7, la stabilité chromosomique est pratiquement acquise et une haute fertilité caractérise ces plantes (tableau VI).

2. R_2, R_3, etc.

En F_2, le recroisement de la plante fertile à $2n = 49$ par le blé tendre (*Vilmorin 27*, $n = 21$) a donné deux lignées à nombres chromosomiques accrus également jusqu'à $2n = 56$ (F_4) avec une fertilité égale à celle signalée dans la descendance directe (tableau VI).

Morphologiquement, les plantes de la descendance *directe* sont vivaces, assez précoces, à épis très lâches et allongés (ascendance *A. elongatum*).

Celles des R_1 ont des épis plus courts, un peu plus denses, l'une des lignées est pérenne, l'autre est annuelle. La dominance du caractère pérenne est d'ailleurs partielle. Après une reprise de végétation en août, dès la moisson effectuée, et une petite coupe en octobre, un certain nombre de plantes (1/4 environ) dépérissent complètement. Les survivantes supportent assez bien les rigueurs d'un hiver normal (— 10°C) et repoussent parfois très vigoureusement dès le premier printemps.

La possibilité d'obtenir des plantes hautement fertiles et stables (morphologiquement et chromosomiquement) est pour le moment le principal résultat intéressant de ce croisement intergénérique *Agrogéfir*. C'est qu'en effet, le blé Géfir, utilisé par M. DE CUGNAC, était le seul à fleurir en semis successifs lors de la floraison très tardive de l'*A. elongatum*. Or, Géfir est un blé *sensible au froid* et à *la rouille jaune* ;

et il en résulte que, si l'hybride F_1 est très résistant aux grands froids, une certaine sensibilité est réapparue dans la descendance de nos lignées. Il est vraisemblable que, dans les réarrangements chromosomiques successifs qui sont intervenus, des chromosomes *Agropyrum* (résistance au froid) ont été éliminés.

Mais si, par lui-même, cet « *Agrogéfir* » n'est pas utilisable directement, il nous a servi d'*hybride pilote*. Avec des lignées sélectionnées d'*Agropyrum* et de *Triticum*, Mme CAUDERON (1954) a réalisé récemment à Versailles des hybrides dont on peut attendre beaucoup, peut-être pas la création d'une céréale panifiable vivace, mais l'obtention de céréales fourragères intéressantes, notamment par leur végétation précoce et luxuriante à un moment où précisément les herbages sont encore rares dans les pâturages.

***

En conclusion, on peut dire que les résultats acquis chez les *Iris* sont susceptibles d'être facilement transposés chez d'autres plantes.

L'introduction de gènes nouveaux à partir de types sauvages par hybridation interspécifique ou intergénérique, et par l'intermédiaire de l'amphidiploïdie, est pleine d'intérêt.

La nature a joué par sélection naturelle pendant des dizaines ou même des centaines de millénaires sur des nombres incommensurables d'individus.

En un temps considérablement plus court, l'homme a déjà obtenu des résultats remarquables ; ils seront sans doute beaucoup plus nombreux dans les années à venir, nous pouvons en avoir la certitude.

RÉSUMÉ

Hybrides interspécifiques et intergénériques

L'étude d'hybrides d'Iris, d'*Aegilotricum* et d'*Agrotriticum* montre que l'emploi de géniteurs appartenant à des types sauvages (espèces ou genres différents) peut conduire à l'introduction dans les formes cultivées de caractéristiques nouvelles intéressant l'horticulture ou l'agronomie (colorations nouvelles dans les fleurs, précocité de floraison, résistances diverses au milieu, aux maladies (piétin-verse), augmentation du tallage etc.).

L'emploi de solution aqueuse de colchicine, par production d'amphidiploïdes rend directement stables et fertiles les hybrides F_1 hautement stériles. Par recroisement, notamment chez les *Aegilotricum* et les *Agrotriticum* avec le géniteur Blé, des types constants et féconds ont été obtenus au cours des générations successives. Ils continuent à être étudiés.

SUMMARY

Interspecific and intergeneric hybrids

The study of hybrids of Iris, *Aegilotricum* and *Agrotriticum* shows that the use of a breeding material belonging to wild types of different species or groups may

lead to the introduction into cultivated forms, of new characteristics interesting for horticulture or agronomy (new colours in the flowers, earliness of flowering, different resistances to weather conditions, diseases (lodging), increase of tillering, etc.).

The use of an aqueous solution of colchicine, by producing amphidiploids, makes directly stable and fertile the highly sterile hybrids F_1. By backcrossing, particularly in *Aegilotricum* and *Agrotriticum*, with the wheat parent, stable and fertile have been obtained along successive generations. Their study is carried on.

ZUSAMMENFASSUNG

Art und Gattungsbastarde

Untersuchungen an Schwertlilien-, *Aegilotricum*- und *Agrotriticumbastarde* zeigen dass die Anwendung von wilden Pflanzen, die anderen Arten und Gattungen angehören, zur Einführung in die angebauten Formen, von neuen für Garten- und Ackerbau wichtigen Merkmalen führen kann (neue Farben der Blumen, Frühzeitigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten usw...). Durch Benützung von Colchicinlösung in Wasser, werden amphidiploïde Pflanzen erzeugt und so, die F_1 Bastarde die sonst unfruchtbar wären, fruchtbar werden.

Durch Rückkreuzung von *Aegilotricum* und *Agrotriticum* mit Weizen werden früchtbare und stabile Pflanzen in den aufeinanderfolgenden Nachkommenschaften erhalten.

РЕЗЮМЕ

Межвидовые и межродовые гибриды.

СИМОНЭ.

Изучение гибридов Ириса, « Aegilotricum » и « Agrotriticum » показывает, что использование диких пророднтелей принадлежащих к разным видам и к разным родам может повлечь к введению в культурные формы, новых интересных характеристик для цветоводства и для агрономии (новая окраска цветов, раннее цветение, различные стойкости к среде, к заболеваниям [полегание], увеличение кущения и т. д.).

Употребление воднаго раствора колхицина, производством амфиплоидов, делает устойчивым и плодоносным гибрид F_1, обычно, крайне безплоднаго.

Перекрещиванием, в частности у « Aegilotricum » и у « Agrotriticum » с пшеницей, были получены стабельные и плодоносные типы в последовательных генерациях. Они подвергаются дальнейшему изучению.

BIBLIOGRAPHIE

Cauderon (Mme Y. — Observations sur les croisements (*Triticum* × *Agropyrum*). *Conférence Européenne des Herbages* (EPA/AG/Proj. 224/43), 1954.

Cugnac (A. de) et Simonet (M.). — Étude cytogénétique de quelques hybrides intergénériques d'*Agropyrum, Agroelymus, Agrohordeum* et *Agrotriticum*. *Ann. Amél. Pl.* n° 4, p. 433, 1953.

Dykes (W. R.). — The origin of some garden Irises. « Les Iris cultivés » : *C. R. 1re Conf. Int. des Iris. Soc. Nat. Hort. France*, p. 68, 1922.

GODRON (D. A.). — De la fécondation naturelle et artificielle des *Aegilops* par les *Triticum*. *Mém. Acad. Stanislas*. p. 431, 1954.

McFADDEN (E. S.) et SEARS (E. R.). — The origin of *Triticum Spelta* and its free-threshing hexaploïde relatives. *J. of Heredity*, **37**, nº 3, p. 81, 1946.

POPOVA (G.). — Wild species of *Aegilops* and their mass hybridisation with wheat in Turkestan. *Bull. Appl. Bot. and Pl. Breed.*, **13**, p. 461, 1923.

SALVAT (Mlle B.). — Observations sur un hybride trispécifique de céréales. *C. R. Acad. Sci.*, **238**, p. 2187, 1954.

SIMONET (M.). — Recherches cytologiques et génétiques chez les Iris. *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, LXVI, p. 255, 1932.

SIMONET (M.). — Régularisation et augmentation de la fertilité chez certains *Aegilotricum*. I. *Aegilops ventricosa* × *Triticum Timopheevi*. *C. R. Acad. Sci.*, **227**, p. 1417, 1948.

SIMONET (M.). — Sur la méiose de quelques hybrides d'*Iris*. I. Hybrides diploïdes et triploïdes *Pogoniris Grands*. *C. R. Acad. Sci.*, **232**, p. 650, 1951.

SIMONET (M.). — Sur l'étude méiotique des hybrides *Aegilops ventricosa* avec des *Triticum* tétraploïdes et de leurs trihybrides *Ae. ventricosa* × *T. durum* et *Ae. ventricosa* × *T. dicoccum* avec *Triticum vulgare*. *Ann. Amél. des Plantes*, nº 2, p. 175, 1952.

SIMONET (M.). — Les hybrides amphidiploïdes et leur rôle dans l'amélioration des *Iris*. *78e Congrès des Soc. savantes*, p. 323, 1953.

SIMONET (M.). — Étude cytogénétique de nouveaux hybrides d'*Iris*. VII. *Pogoregelia*, *Pogopsammiris* et *Pogoregeliocyclus*. *C. R. Soc. Biol.*, **149**, p. 546, 1955 *a*.

SIMONET (M.). — Études cytogénétiques d'hybrides *Pogoregelia* ; croisements et recroisements nouveaux. *Ann. Amél. Plantes*, nº 4, p. 633, 1955 *b*.

SIMONET (M.). — Étude descriptive de l'hybride amphidiploïde : *Aegilotricum ventricoccoides* Nobis (*Aegilops ventricosa* × *Triticum dicoccoides*). *Ann. des sc. nat., Bot.*, 11e série, p. 1-26, 1957.

SOROKINA (O. N.). — The role of amphidiploïds and other balanced types in crosses between widely separated forms. *C. R. Acad. Sci., U. R. S. S.*, **20** 7-8, p. 591, 1938.

SPRAGUE (R.). — Relative susceptibility of certain species of graminae to *Cercosporella herpotrichoides*. *J. Agric. Res.*, **53** 9, p. 659, 1936.

TRABUT (M. L.). — Un hybride nouveau d'*Aegilops* : × *Triticum Rodeti* (*Aegilops ventricosa* × *Triticum durum*). *Bull. Soc. Bot. France*, 66, p. 28.

ÉCHAUDAGE CHEZ LES BLÉS TENDRES ET POIDS DE MILLE GRAINS

PAR

Robert CHEVALIER

Station d'Amélioration des Plantes, Montpellier.

Depuis 1947, la détermination, à Montpellier, du poids de mille grains est faite chaque année sur les variétés de blé de la collection. A l'origine il s'agissait de mettre en évidence l'échaudage considérable causé en 1947 par la violente attaque de rouille noire : chez la plupart des variétés, en effet, le poids de mille grains tomba à des chiffres dérisoires.

Puis il a semblé qu'une étude, basée sur le poids du grain et sa variation d'année en année, pouvait aider à juger du comportement des variétés, en particulier de leur échaudage, quel qu'en soit l'agent et le mode, aussi bien physiologique que pathologique. Les six récoltes 1947 à 1952 ont conduit à un premier bilan (1) avec une ébauche de classement des variétés d'après leur sensibilité à l'échaudage physiologique.

La possibilité de tabler maintenant sur les résultats variés de onze campagnes au lieu de six, tout en fournissant une meilleure base à ce classement, apporte aussi quelque recul pour juger du moyen d'investigation utilisé. Dans quelle mesure permet-il d'estimer, pour une variété donnée, la part imputable à l'échaudage physiologique dans les variations du rendement? Que valent les résultats obtenus et quelle est leur portée? Le présent compte rendu se doit d'apporter à ces questions quelques éléments de réponse.

***

Le MATÉRIEL d'étude est une collection composée d'une fraction stable, variétés conservées depuis 1948, et d'un contingent variable selon les suppressions (variétés jugées de peu d'intérêt) et les introductions (nouvelles variétés françaises, blés étrangers à observer avec soin avant d'y choisir des géniteurs). Cette collection englobe plus de 200 blés et comprend :

— Une majorité de variétés inscrites au « Catalogue des variétés de blé cultivées en France » ou qui, inscrites, ont été rayées du Catalogue depuis moins de dix ans.

— Des variétés d'origine française mais qui n'ont jamais été inscrites au Catalogue :

— soit lignées dans des populations de pays : *Fournès 65*, *Félix Abram*, *Bourru Marcorelles* (lignée dans les *Bourrus de l'Aveyron*), *Trémois de l'Aveyron* (ou « *Trémis* »), *Mottin 11* (sélection Montpellier), *Mottin Co-D-6A* (sélection à la Côte-Saint-André, Isère, puis à la Station de Dijon) ;

— soit hybrides : *K3*, le géniteur bien connu ; *Mentana* × *Manitoba*, qui fut un certain temps cultivé près de Toulouse ; *Hussar-VP* × *Hope* (de l'ancienne Station de Dijon) conservé en tant que témoin très fidèle, sensible à l'échaudage physiologique et relativement peu sensible aux rouilles ; enfin *GN* (*Grignon*), *80-3* (*Versailles*) et *80-3* (*Montpellier*), géniteurs de résistance à la rouille noire, tous trois issus d'une même lignée F_4 d'un croisement entre (*Martin* × *K3*) × *Hohenheimer 77* et *Oro*, les lignées Versailles et Montpellier étant au surplus très voisines l'une de l'autre.

— Quelques variétés d'Afrique du Nord : *386 Rabat* = *Florence* ; *982 Rabat* = *Baroota Wonder*, naguère encore signalé dans les Basses-Alpes ; et surtout les divers types tirés du croisement *Florence* × *Aurore*, d'une part *588 Rabat*, *2511 Rabat* et *Ariana 8* de Tunis, trop souvent confondus sous la même dénomination de « Florence-Aurore », d'autre part la lignée en collection à Montpellier (mais non multipliée) et enfin le *Blé d'Avril* de Tourneur.

— Une vingtaine de variétés italiennes, c'est-à-dire une partie seulement de celles qui depuis un demi-siècle ont été tour à tour essayées dans le Sud-Ouest et le Midi. Maintenant à peu près disparues, certaines y ont occupé plus ou moins longtemps une aire non négligeable : *Rieti*, *Gua*, *Varrone*, *Gentil Rosso* × *Noé*, *Mentana*. De même *Inallettabile 8* qui seule ne semble pas en régression.

— D'autres variétés étrangères, introduites en collection à titre de géniteurs éventuels en raison de leur résistance (parfois élevée) à tel ou tel accident, maladie ou parasite :

— une de Belgique : *Ministre* ;

— deux d'Allemagne : *Hohenhauer*, ainsi que *Halle 5915-40*, qui est un *Thatcher* × *Breustedts Teutonenweizen* ;

— quatre d'Autriche : *Admonter Frühweizen*, *Reichersberg 42*, *Reichersberger Kolben* et *Docteur Lasser's Dickkopf* ;

— une trentaine d'origine américaine, en majeure partie blés de printemps, les uns du Canada ou des États-Unis (*Marquis*, *Garnet*, *Reds Bobs*, *Saunders*, *Thatcher*, *Redman*, *Regent*, *Renown*, *Rescue*, *Celebration*, *Huron*, *Canus*, *Mida*, *Frontana* ,*Ottawa 1503*, *Ottawa 3845*, *Ottawa 3847*, ainsi que les blés d'automne *Minhardi*, *Mac Murachy*, *Oro*, *Tenmarq* × *Minturki*, *Comanches* et *Cheyenne* : ce dernier cultivé quelque

temps dans l'Aveyron est sûrement préférable aux *Bourrus*), les autres en provenance du sud du Brésil, d'Uruguay et d'Argentine (*Bage, Sinvalocho* ; *Petirrojo* et *3352 V 05* de la Estanzuela ; *Klein Cometa, Klein Otto Wulf* et *Klein Lucero*).

***

La MÉTHODE, avec un examen critique de certaines façons d'opérer, est à rappeler brièvement, en particulier les conditions de semis et de végétation.

Sont invariables : la situation — Montpellier ; l'époque du semis — novembre (ou rarement fin octobre) ; la densité — celle de la pépinière, rayons parallèles de 1,50 m, espacés de 0,25, chaque rayon recevant, à peu près équidistants, 35 grains prélevés sur un épi. Après levée chaque ligne constitue par définition une *lignée*. Toute variété en collection y figure ordinairement sous forme de cinq lignées, issues de cinq épis récoltés dans une lignée l'année précédente. Au cours d'observations répétées toutes plantes ou lignées aberrantes sont repérées et laissées de côté. Il n'est tenu compte ici que des observations et déterminations faites sur un matériel authentique et pur.

Demeurent variables le climat, selon l'année, et le terrain, de richesse inégale, ainsi que la distribution des accidents en végétation, notamment les rouilles suivant l'emplacement des foyers, leur date d'apparition, leur accroissement plus ou moins irrégulier en rapport avec les circonstances, température et humidité, et avec les caractères variétaux : rythme de végétation, degré de sensibilité selon le stade. Diverses notations lors de visites fréquentes (date d'épiaison et, depuis 1952, date de floraison ; développement atteint par les rouilles, etc.) fournissent quelques indications sur le degré de gravité des divers accidents et donnent une idée, plus ou moins nette, de leur incidence sur la maturation du grain.

A maturité, dans chaque variété, les épis sont récoltés dans une des lignées non adjacentes à une variété voisine, en général dans la lignée 3, sinon dans 2 ou dans 4, mais à l'exclusion des plantes de bordure. Sur le produit, en grain propre, de ces épis battus en mélange sont prélevées trois pesées de dix grammes. Elles donnent lieu à trois comptages du nombre de grains. La division de 30 000 par le total des trois comptages aboutit au poids de mille grains, exprimé à un décigramme près.

Que vaut cette précision? Pourquoi peser avant de compter et pourquoi trois fois plutôt que deux ou cinq par exemple? Pourquoi, au départ, ne pas récolter les plantes de bordure?

Celles-ci, suralimentées, tallent davantage, leur végétation en est quelque peu retardée, elles produisent des épis plus longs, plus prolifiques, des grains plus gros, plus vitreux avec une tendance fréquente à l'échau-

dage. Il arrive couramment que dans la lignée les seuls épis à présenter un grain échaudé sont précisément des épis pris sur ces plantes de bordure. Pour que le jugement ne soit pas faussé, la récolte doit donc porter sur l'intérieur de la lignée et laisser de côté deux ou trois plantes à chaque extrémité.

Dans l'échantillon, pesée avant comptage oblige à prendre les grains au hasard, tandis que comptage avant pesée ouvrirait la porte à un choix inconscient et, au surplus, exigerait un peu plus de temps pour une pesée de précision : la pesée de dix grammes, à un grain près, est plus rapide.

Trois comptages, au lieu de deux ou d'un seul, suffisent pour attirer éventuellement l'attention sur un résultat nettement discordant par rapport aux deux autres, donc permettent de soupçonner une erreur, facile à rectifier en recommençant un sinon plusieurs comptages.

Enfin le calcul du poids de mille grains à un décigramme près correspond à une précision suffisante, en dépit de l'erreur qui l'entache et que ferait apparaître un nombre de comptages supérieur à trois. L'expérience a montré en effet que cette erreur est d'ordre mineur en regard d'une cause de variation autrement importante : le sol hétérogène de la pépinière à Montpellier.

***

Le RELEVÉ, par variété et par année, des poids de mille grains chez les variétés en collection met en évidence une grande variation.

D'une part, pour une même année, les poids diffèrent beaucoup, même s'il s'agit d'une année sans graves accidents, donc favorable à une bonne maturation, comme par exemple 1950 pour bon nombre de variétés : certains poids dépassent 50 g, d'autres demeurent en deçà de 40, la plupart s'échelonnent entre ces deux chiffres.

D'autre part, pour une même variété, selon l'année le grain paraît plus ou moins gros et en effet il est plus ou moins lourd. La notation de son aspect permet, telle et telle année, de repérer un échantillon bien mûri. A ces échantillons exempts d'échaudage peuvent correspondre des chiffres assez variables quant au poids de mille grains de cette même variété.

Grosseur et poids du grain constituent donc, incontestablement, un caractère variétal et, tout à la fois, un caractère extrêmement fluctuant, malaisé à définir, sinon peut-être par des limites extrêmes ; mais celles-ci sont d'autant plus difficiles à préciser que la variété offre plus fréquemment des symptômes d'échaudage. Cette définition est donc élastique, incertaine et mouvante et ne peut servir de référence.

Comment, dès lors, comparer le comportement des variétés quant au poids du grain? N'existerait-il pas un terme de comparaison à peu près stable? Une tentation vient à l'esprit, celle d'admettre que le poids

de mille grains, en un lieu défini et dans les conditions de climat et de sol les plus favorables à une bonne maturation du grain, tend à atteindre un certain maximum caractéristique de la variété.

Telle est l'hypothèse de travail qui a paru séduisante en 1951. En attendant que soient rassemblées des données assez nombreuses pour aboutir à une évaluation correcte de ce maximum théorique, il a semblé commode d'adopter comme terme de référence le chiffre qui s'en rapproche le plus : le poids de mille grains le plus élevé P atteint par la variété parmi les déterminations déjà rassemblées : chiffre toujours provisoire et vite caduc dès que survient une année avec un ensemble de conditions encore plus favorable à la production d'un grain gros et lourd.

Par rapport à ce maximum P, si p désigne l'une des autres déterminations faites sur la même variété, la différence P — p exprime en valeur absolue le *déficit pondéral* que présente la variété pour l'année correspondante.

Son expression en valeur relative, c'est-à-dire en pourcentage par rapport au maximum P, est la suivante (1) :

$$D = \frac{P - p}{P} \times 100$$

Ainsi, dans la confrontation entre deux variétés, peuvent être mises en relief des différences de comportement qui jusqu'ici n'apparaissaient pas aussi clairement au seul examen des poids de mille grains.

Sur cette base ont été établis aussi bien le tableau adjoint au premier bilan (1) que le tableau ci-dessous, qui rassemble la plupart des déterminations portant sur les récoltes de 1947 à 1957.

Le présent tableau, en face de chaque variété mentionnée colonne 8, renferme les indications ci-après expliquées.

Colonne 1 : *la précocité à la floraison* (début de floraison), exprimée en nombre de jours après (+) ou avant (—) *Docteur Mazet*. La notation de la floraison n'ayant eu lieu que depuis 1952, il s'agit soit de la moyenne entre les notations de plusieurs années (au maximum six : de 1952 à 1957), soit d'une seule notation quand la variété a été abandonnée après 1952.

Vu le nombre variable de notations (entre 1 et 6) ce classement selon la précocité moyenne à la floraison est forcément très imparfait. Par exemple il se trouve tout à fait faussé pour les variétés précoces : le printemps 1957, frais et humide, a considérablement ralenti la floraison, sa notation s'est étirée sur une période beaucoup plus longue qu'à l'ordinaire, le nombre de jours entre les blés précoces et le témoin *Docteur Mazet* a été fort accru, ce qui augmente la différence moyenne entre ces blés et

(1) Le diviseur est manifestement P... et non pas p comme l'indique par erreur la citation faite par ECOCHARD et autres (2).

le témoin. C'est pourquoi le classement aboutit à éloigner de façon excessive des blés de rythme aussi voisin que *Damiano, Mentana, San Pastore* d'une part et, d'autre part, *Fiorello, San Giorgio, Roma,* etc., pour la seule raison que ces derniers ne figuraient plus dans la collection en 1957.

La différence de précocité entre deux variétés, telle qu'elle est mentionnée, n'est valable que si les deux variétés ont figuré en collection depuis 1952 pendant les mêmes années.

Chez *Docteur Mazet* le début de la floraison a été noté, toujours en mai :

le	11 mai	10	17	6	19	16
en	1952	1953	1954	1955	1956	1957

Les variétés sont rangées colonne 8 dans l'ordre de précocité croissante indiqué par la colonne 1.

Colonne 2 : *la note de sensibilité à la rouille brune,* selon l'échelle de 5 = très sensible à 0 = résistant. Il s'agit du maximum de sensibilité observé à Montpellier pour la variété.

Colonne 3 : *la note de sensibilité à la rouille noire,* selon la même échelle et attribuée soit en 1952 (la plus récente année de forte attaque généralisée), ceci pour les variétés présentes en 1952 dans la collection, soit postérieurement (l'année de l'attaque la plus forte pour la variété considérée), s'il s'agit d'une variété introduite après 1952.

Pour les variétés présentes à la fois en 1947 et en 1952, c'est donc la note donnée en 1952 qui est mentionnée, même si elle est en discordance avec la note de 1947. Entre ces deux fortes invasions il semble en effet que les formes de rouille noire ont évolué, ce ne sont plus les mêmes formes qui prédominent, mais d'autres. Ainsi par rapport à 1947 chacune des variétés suivantes s'est montrée en 1952 :

— nettement moins sensible : *Carlotta Strampelli, Poilu du Tarn, Libérator, Géfir, Flandres-Desprez, Blé du Mesnil* ;

— nettement plus sensible : *Tenmarq* × *Minturki, Marquis* (Versailles), *Huron, Fylgia de printemps,* et surtout *Mentana* × *Manitoba* et *Docteur Mazet* ;

en outre, mais de façon moins tranchée, donc avec un point de doute :

— un peu moins sensible : *H. de Bersée, Yga-Blondeau, Bellevue, Bourru Marcorelles, PLM1, Préparateur Etienne, Précoce de Juillet*;

— un peu plus sensible : *Minhardi, Cappelle-Desprez, Jules Tézier, Marival, Cheyenne, Reims, Trémois de l'Aveyron, Blé d'Avril.*

Telle est la tendance. Mais, bien entendu, il faut prendre garde que chacune de ces listes englobe des variétés d'inégale sensibilité. Par exemple pour *Tenmarq* × *Minturki,* entre 1947 et 1952, la note saute de 0 + à 2 et, pour *Docteur Mazet,* de 2 à 4.

Colonnes 4, 5 et 6 : le *maximum P,* en grammes, atteint par le poids de mille grains, mentionné colonne 4, avec l'*année correspondante* (unités

et dizaines du millésime) colonne 6 ; et enfin, colonne 5, la notation qui résulte de l'observation faite alors sur le *degré d'échaudage et l'aspect du grain* de cet échantillon qui a fourni le chiffre P. Cette notation emprunte les symboles suivants :

g : « gonflé », beau grain.

a : grain assez beau.

f : « frise » l'échaudage, tendance à peine perceptible à un léger échaudage.

é : un peu échaudé, échaudage peu accusé mais incontestable.

E : échaudé.

EE : très échaudé.

(....) : parfois, c'est-à-dire notation concernant une faible minorité de grains, un quart tout au plus.

... + ..., ... + ... + ... : proportion à peu près égale de chacune des deux ou des trois catégories de grains représentées par les symboles séparés par le ou les signes +.

Colonne 7 : *la note Φ de senbilité à l'échaudage physiologique* selon l'échelle de 5 = très sensible à 0 = résistant. Cette note résulte de l'examen des chiffres et notations mentionnés dans les colonnes 9 à 20 et plus particulièrement de la fréquence plus ou moins grande des notations faisant état d'un certain échaudage du grain en l'absence d'accidents en végétation apparemment graves. Il en sera débattu plus loin.

Colonnes 9 à 20 : les chiffres calculés pour D = *déficit pondéral exprimé en p.* 100 *du maximum P atteint par le poids de mille grains entre* 1947 *et* 1957, c'est-à-dire un chiffre par année (semis en collection C), sauf en 1947 et en 1950 deux chiffres, qui correspondent à deux semis (R = pépinière-rouilles et C = collection).

Colonnes 11, 13 à 20 : ce pourcentage D est précédé de la notation « aspect du grain et échaudage » (mêmes symboles que colonne 5), menée systématiquement à partir de 1949. Cette notation n'a eu lieu que pour quelques variétés de la collection 1948 (colonne 10) et de la pépinière-rouilles 1950 (colonne 12).

Colonnes 10 à 20 : le pourcentage D est suivi de symboles qui signalent le cas échéant, les principaux accidents en végétation et leur intensité apparente, lettre majuscule si l'attaque est grave, minuscule si elle est moyenne, sauf pour l'oïdium mentionné seulement dans le cas d'une attaque sévère. Voici ces symboles :

oï : oïdium jusque sur épi.

B ou b : rouille brune.

N ou n : rouille noire.

J ou j : rouille jaune.

B, N, J : foyer ou, du moins, attaque plus précoce et apparemment plus grave que chez les variétés notées d'une minuscule la même année.

b, n, j : attaque nette mais relativement modérée et souvent trop tardive pour exercer un effet dépressif sur la maturation du grain.

V : verse. En 1957, seule année avec verse fréquente dans la collection, VV correspond à une verse à plat, survenue relativement tôt.

v : verse modérée.

S : variété située en 1953 dans une des zones où la végétation a paru le plus déprimée par la sécheresse prolongée (pluies de juillet 1952 à juin 1953 : 331 mm, dont plus d'un tiers éparpillé en chutes insignifiantes, sinon tardives, venues en fin de végétation).

s : intensité déjà moindre de cet effet dépressif ; ou bien, s'il s'agit d'une année autre que 1953, variété accidentellement située en sol très maigre.

Quant à la colonne 9, qui concerne 1947, elle mentionne seulement des pourcentages (souvent deux, côte à côte, la variété figurant dans les deux semis) à l'exclusion de tout symbole. D'une part, en effet, l'échaudage n'a pas été noté en détail, mais en vérité la plupart des variétés étaient nettement ou même violemment échaudées, comme en témoigne le déficit pondéral très souvent supérieur à 40 p. 100. D'autre part, les accidents, pour si importants qu'ils soient, consistent essentiellement en attaques de rouille brune (grave) et de rouille noire (très violente) qui correspondent aux notes indiquées colonnes 2 et 3, sous réserve des particularités ci-dessus signalées à propos de la colonne 3.

***

Pour aider à l'interprétation de ce tableau une DISCUSSION est nécessaire.

L'examen des chiffres, colonnes 9 à 20, variété par variété, montre que le minimum constaté pour le poids de mille grains (autrement dit : le déficit relatif le plus élevé) correspond dans la moitié des cas à une violente attaque de rouille noire (1947 ou 1952) et, dans plus d'un quart des cas, à une sécheresse intense (1953). Ce minimum apparaît en 1957 chez 24 variétés (dont 20, il est vrai, d'introduction récente) et semble imputable, pour la moitié d'entre elles, à la verse et à l'oïdium.

Le maximum P au contraire (exprimé par D = 0) est constaté chez 191 variétés sur un total de 210, au cours de l'une des quatre années 1950, 1955, 1956, 1957 sans rouilles graves ni sécheresse excessive ni déficit thermique permanent comme ce fut le cas en 1954. Ce maximum correspond-il à des conditions vraiment favorables à une bonne végétation? Pour 1950 et 1955 il est encore possible de l'admettre. De même en 1957 : sur les 21 variétés qui alors atteignent leur maximum la plupart sont des précoces ou très précoces, qui ont bénéficié au printemps 1957 d'une humidité inhabituelle. Mais sur les 59 variétés qui ont culminé en 1956,

la moitié environ, sensibles au froid ou assez sensibles, ont eu à souffrir des gelées de février : tallage diminué, dans une mesure d'ailleurs variable, nombre d'épis inférieur à la normale mais épis plus gros, nombre de grains par épi plus élevé et grain plus gros. Pour ces variétés freinées par le gel les conditions de 1956 ont favorisé non le rendement de la variété mais le grossissement du grain. Ceci rappelle que gros grain peut constituer l'aboutissement de conditions de végétation fort différentes, capables d'exercer sur la production une incidence tantôt favorable, tantôt fâcheuse.

Au reste, ces considérations sur les poids extrêmes apportent peu de lumière sur l'échaudage physiologique. Ce qui importe, plus que les chiffres successifs des colonnes 9 à 20, ce sont les indications qui les entourent et aident à les interpréter : à gauche, l'échaudage observé ; à droite, les accidents en végétation.

Quelle valeur attribuer à ces indications? Elles ne font qu'exprimer des estimations, d'autant plus imparfaites que leurs bases méritent critique. Il entre une part de subjectivité dans le choix des symboles dont le rôle est de préciser le degré de gravité soit des accidents en végétation, soit de l'échaudage. Quant aux accidents la mention, pour la rouille noire par exemple, de N plutôt que n est souvent entachée d'arbitraire : dans la gravité de l'attaque il n'y a pas, en fait, variation discontinue. En outre, même en admettant que ces symboles N et n correspondent assez exactement à la réalité objective et reflètent bien l'attaque observée, une autre considération joue : le stade de la variété au moment de la notation. Bien entendu, attaque précoce et bientôt grave mérite N sans discussion, attaque tardive même assez forte ne peut être désigné que par n. Mais entre ces deux cas extrêmes il est clair que parfois le symbole N a pu être attribué à une attaque insuffisamment précoce pour être facteur d'échaudage, ou au contraire que l'attaque relativement modérée, notée n, est venue tout de même assez tôt pour influer sur la maturation. C'est ce qui ressort de la confrontation entre accidents et aspect du grain. Tous les cas sont possibles, savoir, schématiquement :

— accidents graves et échaudage net, sans d'ailleurs qu'il soit alors permis d'affirmer que n'y entre pas une certaine part d'échaudage physiologique ;

— accidents graves sans (ou presque sans) échaudage ;

— absence d'accidents et absence d'échaudage ;

— absence d'accidents et un certain échaudage, interprété alors comme physiologique.

De même, l'appréciation du degré d'échaudage n'est pas sans soulever quelque difficulté. Non pas tellement au point de vue descriptif : les symboles f, é, E, etc. ou, mieux encore, les expressions nuancées telles que g + é, a + f (E), é + E (a), etc. fournissent aisément un reflet à peu près

fidèle de l'aspect que présente l'échantillon. Mais plutôt dès qu'il s'agit d'interpréter la constatation de légers indices d'échaudage, quand les grains manifestent une tendance encore faible mais perceptible à être anguleux ou évasés, c'est-à-dire « frisent » l'échaudage. Alors il faut demeurer circonspect. Ces symptômes peu accusés peuvent être le fait aussi bien d'une variété sensible que d'une variété tolérante. Sensible, elle réagit, à tous coups, même à une impulsion relativement faible ou brève de l'agent d'échaudage. Tolérante ou peu sensible la variété, en tout état de cause, se borne à réagir modérément même à une impulsion assez forte et durable. Le doute ne peut être levé que par la constatation de symptômes plus nets : grain un peu échaudé = é.

Ces cas d'échaudage incontestable, encore que plus ou moins accusé, sont particulièrement suggestifs quand ils coïncident avec l'absence d'accidents sinon l'indication de leur intensité relativement modérée. Alors l'origine de cet échaudage, en totalité ou en majeure partie, est forcément physiologique : c'est ce qui a lieu, entre autres cas, assez souvent en 1949, parfois en 1950 ou 1955. Selon la fréquence de cet échaudage au cours des années 1949 à 1957 et l'intensité qu'il revêt, la variété reçoit une note Φ, celle qui figure colonne 7. L'estimation qui aboutit à cette note repose en outre sur un examen comparé du comportement des diverses variétés, tout en évitant de comparer ce qui n'est pas comparable, c'est-à-dire des variétés de précocité très différente. Dans l'élaboration de ce classement l'apport de l'année 1955 a été décisif : absence presque générale de rouille grave, bonne maturation de la plupart des blés, sauf précisément pour une minorité plus ou moins nettement échaudés. A ce propos le comportement des blés à Montpellier de 1952 à 1955, envisagé sous l'angle de l'échaudage et des conditions climatiques de chaque année (en particulier pendant l'année sèche 1953) a fait l'objet d'un exposé (3) qu'il est inutile de répéter ici.

Ainsi définie la note Φ s'applique à l'échaudage proprement dit, au sens le plus strict, dans l'acception usuelle du terme, l'échaudage que l'œil perçoit, un grain passant pour plus ou moins échaudé selon qu'il est plus ou moins ridé, anguleux, évasé, ratatiné, etc. Dans le débat n'interviennent nullement le poids du grain ni ses variations, la note Φ est attribuée abstraction faite de tous les chiffres D — démarche paradoxale d'une investigation partie du poids de mille grains et qui finit par l'ignorer. Mais enfin, il importe d'appeler échaudage ce qui est échaudage et rien d'autre, par conséquent de liquider une confusion et de bannir l'expression vicieuse « échaudage pondéral » usitée à tort dans le précédent bilan (1). Basée sur des vues théoriques, cette expression devient abusive, inadéquate chaque fois que le grain, loin d'atteindre son poids maximum est tout de même bien mûri et non échaudé, ce qui est un cas très fréquent. De même, mais dans l'occurrence opposée, il n'est pas admissible qu'un

blé tel que *Jules Tézier*, au grain toujours échaudé, tantôt plus, tantôt moins, donc témoin typique pour $\Phi = 5$, ait pu sous l'effet de cette confusion être classé alors dans une catégorie moyenne sous prétexte que son poids de mille grains varie assez peu.

Ce malentendu dissipé, la note Φ demeure évidemment une évaluation encore provisoire, à un demi-point près en plus ou en moins, proposée comme ordre de grandeur destiné à fixer les idées et, bien entendu, d'autant plus hasardeuse que le nombre d'années d'observations sur la variété est plus restreint. Cette note paraît valable pour les conditions de l'expérience (Montpellier, semis de pépinière) et même pour les emblavures ordinaires dans les régions méridionale : zone de l'olivier, ainsi que la partie la plus continentale de l'Aquitaine. *Magdalena* par exemple échaude ordinairement aussi bien dans la Haute-Garonne qu'à Montpellier. Pour le reste de la France la valeur de cette note est moins certaine. Ainsi *Cappelle-Desprez*, vu son aire considérable, pourrait mériter mieux que la note 4 parce que très souvent capable de frôler l'échaudage, sans plus, c'est-à-dire de mûrir de façon à peu près satisfaisante. A l'inverse, *Etoile de Choisy* avec la note 0,5 est peut-être surestimé, eu égard aux rendements de 1957, assez variables et parfois relativement médiocres par exemple dans maintes situations de l'Aveyron, où le coup de chaleur du début de juillet a échaudé les variétés précoces. (Dans la moitié Ouest du Lauragais l'explication est tout autre : humidité longtemps excessive avec déficit des températures, d'où peuplement-épis amoindri, épis plus courts ; en outre, pendant la phase floraison-maturité, sol fermé, mauvaise nutrition malgré la fumure abondante, donc ensemble de conditions particulièrement défavorables à la migration.)

Il y a lieu, en effet, de ne pas se cantonner dans les conditions artificielles du semis en pépinière, peuplement clair et culture jardinée, et de se tourner vers l'expérimentation poursuivie dans le Sud-Ouest (3) au sein de conditions de végétation normales, celles de la pratique agricole. Y a-t-il quelque enseignement à en dégager concernant l'échaudage?

Au plus faible rendement d'*Etoile de Choisy*, 18 q/ha à Fabas 1953, en culture peu soignée, peuplement restreint et terre sale, correspond le maximum de 52 g atteint par le poids de mille grains parmi tous ces essais. Ici, de même que pour les variétés freinées par le gel 1956 à Montpellier, des conditions fâcheuses quant au rendement mènent à un grain plus gros.

A l'opposé, si l'on considère une dizaine d'essais, en situations variées, où le rendement d'*Etoile de Choisy* dépasse 44 q/ha, le poids de mille grains dans un seul cas atteint 48 g (Nailloux, 1954), dans tous les autres cas oscille entre 43 et 37 ; en particulier il ne s'élève qu'à 41, 38 et 43 g pour un rendement de 59 q/ha constaté trois fois : Ondes 1953, Auterive 1953 et 1954. Devant cette récolte magnifique, personne, encore une fois, n'oserait incriminer le grain avec son poids modeste et invoquer, langage

étrange, un déficit pondéral ou un manque à grossir. Le facteur principal de ces rendements élevés a été évidemment le peuplement bien plein, dû à un bon tallage-épis, et aussi un nombre assez élevé de grains par épi. Cette remarque s'applique également aux autres variétés essayées : souvent un rendement au-delà de 40 q coexiste avec un grain dont le poids demeure très en deçà du maximum constaté pour la variété sans pour autant présenter un échaudage caractérisé.

En somme il semble raisonnable d'admettre que, chez une variété, des lots de grain ne manifestant aucun symptôme net d'échaudage peuvent présenter des poids de mille grains oscillant dans des limites assez éloignées, mettons dans la proportion de 3 à 4, c'est-à-dire jusqu'à 25 p. 100 au-dessous du poids le plus élevé. Cette amplitude de variation est probablement inégale selon les variétés et pourrait même dépasser 30 p. 100 chez les variétés les plus résistantes à l'échaudage physiologique.

***

Quelles peuvent être maintenant les PERSPECTIVES que laisse entrevoir ce compte rendu? Et d'abord convient-il de poursuivre le travail suivant le même schéma?

La méthode employée offre de gros inconvénients. Elle porte sur un grand nombre de variétés. Elle ne rassemble sur chacune qu'un petit nombre d'observations (dont une partie ne sont valables que pour des conditions de semis assez éloignées de la pratique agricole) et un petit nombre de déterminations, où chaque chiffre repose sur des bases fragiles et représente tout au plus un sondage parmi les possibilités qui peuvent surgir du sol hétérogène de la pépinière à Montpellier. Ceci vaut d'être souligné par un exemple.

Bladette de Besplas y figure non seulement à sa place dans la collection parmi les blés du Sud-Ouest, mais également à titre de témoin, une seule ligne souvent répétée. Il a paru intéressant en 1956, vu l'absence d'attaque violente de rouille noire, de récolter tous ces témoins, au total 32 échantillons, tous exempts d'échaudage, beau grain parfaitement mûri. Le prélèvement sur l'une des cinq lignées en collection accuse un poids de mille grains de 49,4 g, maximum observé depuis dix ans, pour *Bladette de Besplas*, variété de la collection. Mais les 31 autres chiffres oscillent de 47,3 à 55,7 et se distribuent assez régulièrement autour d'une fréquence maximum pour un poids voisin de 51,5 g. La moitié des résultats sont compris entre 50 et 52,9. Par conséquent le chiffre de 49,4 retenu pour *Bladette de Besplas*, variété de la collection diffère d'environ 4 p. 100 par rapport à celui que fournit cette sorte d'essai à l'aveugle, où éclate l'inégalité du terrain, répartie d'ailleurs de façon assez désordonnée. Ceci sans méconnaître que deux autres causes ont pu agir sur plusieurs de ces

témoins : l'interaction entre la ligne de *Besplas* et les variétés de rythme différent situées de part et d'autre ; l'existence de certaines inégalités de peuplement, dues à la levée quelquefois imparfaite et à quelques vides après destruction de plantes par le gel. Il est toutefois hors de doute que l'hétérogénéité du terrain a joué un rôle prépondérant.

Adaptée à l'ensemble de soins que comporte l'entretien d'une collection, la méthode utilisée jusqu'ici a pour principal mérite de pouvoir s'accommoder de moyens de travail très modestes. Si graves que soient les objections qu'elle soulève, elle a permis de dégrossir la question et peut encore apporter des indications à retenir, dans la mesure où les déterminations seront accompagnées d'observations sur l'aspect du grain. Mais de cette méthode, artisanale en quelque sorte, il serait vain d'attendre des résultats solidement établis.

Pour les atteindre il convient au contraire d'opérer sur un nombre plus restreint de variétés et de rassembler, sur chacune et sur l'ensemble, une série beaucoup plus étendue d'observations et de déterminations en faisant varier la situation et les conditions de sol et de climat. Une étude de l'échaudage, pour être vraiment adéquate, doit par conséquent être poursuivie non pas seulement sur place dans les conditions artificielles d'une pépinière de collection, mais bien dans le cadre d'essais comparatifs de rendement, comme partie intégrante de l'expérimentation régionale des variétés, sinon au sein de micro-essais. Prévoir également, en chaque situation, le minimum d'observations météorologiques indispensable pour que soient précisées les conditions climatiques de l'année.

Les mesures usuelles sont basées sur les notions de poids spécifique (ou poids de l'hectolitre) et poids de mille grains. Pour les compléter et pousser plus avant les investigations, il y a peut-être une autre voie à prospecter : la notion de « densité vraie » du grain, mais ceci implique la mise au point de procédés permettant de mesurer le volume intrinsèque d'une certaine masse de grain à l'exclusion du volume du fluide, air ou autre, qui subsiste entre les grains. Déjà, par rapport à l'estimation grossière tirée de l'impression que laisse une poignée de grains soupesée dans le creux de la main, la mesure du poids spécifique constitue un énorme progrès. La détermination de la densité vraie apporterait sans doute une meilleure explication des différences constatées tant dans le poids spécifique que dans le degré d'échaudage parmi des échantillons divers. C'est alors seulement, pour un blé peu dense en face d'un blé très dense, qu'il y aurait quelque fondement à parler d'« échaudage pondéral ».

***

Enfin, sur le plan AMÉLIORATION du blé, il y a lieu de poursuivre la création de variétés moins sensibles à l'échaudage que la majorité des blés actuellement cultivés en France.

Un classement des variétés, citées dans le tableau, non plus selon la précocité croissante mais dans un ordre décroissant de sensibilité à l'échaudage physiologique, montrerait que les variétés peu sensibles sont en général des blés très précoces ou précoces ou même parfois demi-précoces, plus rarement des blés demi-tardifs. La corrélation est donc loin d'être parfaite, entre précocité et résistance à l'échaudage, constatation particulièrement suggestive et qui atteste la possibilité de créer des variétés à la fois peu sensibles à l'échaudage et relativement peu précoces, c'est-à-dire douées d'adaptation, dans les régions non méridionales, aux conditions de sol et de climat qui leur permettent ordinairement les rendements les plus élevés.

Où prendre les géniteurs convenables? Le tableau en signale quelques-uns. Pour les passer en revue il est commode de se baser successivement sur les trois notes : échaudage, rouille noire, rouille brune. Les deux premières doivent peser de façon décisive dans le choix du géniteur. Celui-ci peut à la rigueur montrer une assez grande sensibilité à la rouille brune — indiquée ci-dessous par la mention (B) : il importe alors de choisir l'autre géniteur parmi les peu sensibles.

Citons comme géniteurs possibles :

1° Notés $\Phi = 0$ et rangés par ordre croissant de sensibilité à la rouille noire (depuis résistant jusqu'à peu ou pas très sensible) : *Bage, Frontana, Comanches, Oro* (B), *Ottawa 1503, Canus, Guatrache MA, Tenmarq* × *Minturki* (B), *Cheyenne* (B), et *Mac Murachy* (B).

Egalement notés $\Phi = 0$ mais probablement médiocres, en tant que géniteurs, bien que remarquables par leur aptitude à bien mûrir leur grain en dépit de la verse ou d'attaques de rouille apparemment sévères : *386 Rabat = Florence, 982 Rabat = Baroota Wonder* et *Saissette de Maninet.*

2° Notés $\Phi = 0{,}5$ et rangés de façon analogue, d'abord les peu sensibles à la rouille noire (depuis 0 jusqu'à 1,5) et à la rouille brune (également entre 0 et 1,5, sauf *Thatcher*) : *Klein Cometa, Thatcher* (B), *Regent, Renown, Redman, Saunders, Klein Otto Wulf, Rescue, Petirrojo.*

Puis, géniteurs de plus en plus discutables, des blés moyennement sensibles à la rouille noire (depuis 2,5 jusqu'à 3,5) et assez sensibles à la rouille brune (sauf évidemment les deux premiers, tandis qu'*Etoile de Choisy* n'est que moyennement sensible) : *Mida, Klein Lucero, Ariana 8, Ottawa 3847* (B) ; ensuite *Etoile de Choisy, Fondard-Crespin, 2511 Rabat, 588 Rabat, Florence* × *Aurore* (Montpellier), *Funo* (B) ; enfin, certainement médiocres géniteurs, *Huron* et *Bourru Marcorelles* (B).

3° Notés $\Phi = 1$: *Sinvalocho, 3352 V 05* et *Celebration* (B).

Puis, plus sensibles à rouille noire (respectivement : 2,5 ; 3 ; 3,5 ; 4) : *Ottawa 3845* (seul peu sensible à la rouille brune) et *Blé des Dômes* (B) ; *Roma* et *Tira Dritto* ; *Rieti II, Carlotta Strampelli, Trémois de l'Aveyron* et *Mottin Co-D-6A* (B) ; *Garnet* (B).

4° Notés $\Phi = 1{,}5$ et peu sensibles à la rouille noire mais assez sensibles à la brune : *Fanfulla, Werna* ; assez sensibles à la noire : *Préparateur Etienne* et *Précoce de Juillet* (B).

5° Notés $\Phi = 2$, résistants à la rouille noire, sensibles à la brune : *80-3* (Versailles) (B) et *80-3* (Montpellier) (B) ; très peu sensibles à la noire, moyennement à la brune : *Reichersberg 42* et *Admonter Frühweizen*.

De tous ces géniteurs possibles quelques-uns ont été utilisés à Montpellier. Seuls ont donné des résultats vraiment encourageants les croisements à partir d'*Etoile de Choisy*, l'autre géniteur étant *Frontana, Thatcher, Saunders* ou l'un des *80-3*, ou enfin *Florence* × *Aurore* sinon un hybride de *Florence* × *Aurore* avec *Hussar VP* × *Hope*. Le choix va se poursuivre au sein de recroisements entre les meilleures descendances retenues, d'une part parmi les *80-3* × *Etoile de Choisy*, d'autre part parmi les *Frontana* (ou *Thatcher*, ou *Saunders*) × *Etoile de Choisy*.

Le croisement de *Closeaux* avec *Tenmarq* × *Minturki* a fourni seulement un géniteur, encore sensible à l'oïdium et à la rouille brune, comme le père, mais recroisé déjà avec des (*80-3* × *Etoile de Choisy*).

Au contraire, un croisement de *Gentil Rosso* × *Noé* avec *Petirrojo* n'a donné rien qui vaille. De même un hybride naturel dans *Bage*.

Malgré les progrès et l'étape importante que représentent les croisements et recroisements déjà réalisés, certains géniteurs, jusqu'ici ignorés ou trop peu mis à l'épreuve, sont encore à prendre en considération. Ainsi, *Cheyenne*, essayé quelques années en grande culture dans l'Aveyron et avec succès (c'est d'ailleurs le seul blé qui ait survécu aux gelées de février 1956 dans l'Aveyron et en Limagne). Et surtout, en tant que géniteurs de bonne maturité et de résistance aux rouilles noire et brune : *Bage, Frontana, Comanches, Klein Cometa, Regent, Renown, Redman, Saunders, Klein Otto Wulf, Rescue, Petirrojo* et *3352 V 05*.

Reçu pour publication le 18 *novembre* 1957.

RÉSUMÉ

Échaudage chez les blés tendres et poids de mille grains

Dans la collection de blés tendres, semée en pépinière à Montpellier avec les observations habituelles, la détermination du poids de mille grains a été faite à partir de 1947 et la notation « aspect du grain et degré d'échaudage » a eu lieu depuis 1949. L'ensemble de ces données est rassemblé en un vaste tableau, où les variétés sont rangées dans un ordre croissant de précocité à la floraison (notée depuis 1952). En face de chaque variété est mentionné, d'une part, le maximum P atteint par le poids de mille grains entre 1947 et 1957 ; d'autre part, pour chaque année, non le poids de mille grains p, mais un pourcentage : le déficit pondéral (P-p) exprimé en p. 100 de P. Une note de sensibilité à l'échaudage physiologique est attribuée à la variété, après examen du comportement comparé des blés de précocité analogue, et s'appuie surtout sur

la constatation plus ou moins fréquente d'un certain échaudage en l'absence de graves accidents en végétation.

Dans un précédent bilan, arrêté en 1952, avait été mise en avant l'expression « échaudage pondéral ». Elle est source de confusion et doit être bannie : poids de mille grains relativement faible et absence évidente d'échaudage vont souvent ensemble, parfois même avec rendement élevé.

La note attribuée semble valable pour les régions méridionales. Mais la méthode mise en œuvre permet tout au plus de dégrossir la question. Pour obtenir des résultats plus sûrs, l'étude de l'échaudage doit être intégrée dans l'expérimentation régionale des variétés, accompagnée d'observations sur les données climatiques locales.

Les blés résistants ou peu sensibles à l'échaudage sont en général des blés précoces, mais pas tous. Certains sont seulement de précocité moyenne ; il y a sûrement possibilité de créer, pour les zones non méridionales, des variétés très productives (relativement peu précoces) et en même temps peu sensibles à l'échaudage. Une série de géniteurs éventuels sont cités parmi lesquels, en tant que géniteurs de bonne maturité et de résistance aux rouilles noire et brune, les blés de printemps : *Frontana, Saunders, Regent, Renown, Redman, Rescue,* ainsi que *Bage, Petirrojo, 3352 V 05, Klein Cometa, Klein Otto Wulf* ; et un blé d'hiver : *Comanches.*

SUMMARY

Shrivelling in wheat and weight of thousand seeds

In our collection of wheats, sown in nurseries at Montpellier with the usual observations, the weight of 1 000 seeds has been determined since 1947, and the rcording of « seed-aspect and degree of shrivelling », since 1949. All these data are gathered together into a large table in which the varieties are classified in order of increasing earliness of flowering (noted since 1952). Opposite each variety, is mentionned, on one hand the maximum P reached by the weight of 1 000 seeds between 1947 and 1957 ; on the other hand, for each year not the weight of 1 000 seeds, but a percentage : the ponderal deficit (P-*p*) expressed in percentage of P. A note on susceptibility to physiological shrivelling is given to the variety, after comparing the behaviour of wheats having the same earliness, and is primarily supported by the comparatively frequent establishment of a certain shrivelling, in the absence of serious accidents during growth.

In a previous paper, published in 1952, we used the expression « ponderal shrivelling ». This expression causes confusion and must be dropped : a relatively small weight of 1 000 seeds and an evident absence of shrivelling often occur together, sometimes even with high yield.

The given note seems applicable to the southern regions. But the elaborated method allows only a rough view of the question to be given. In order to obtain more certain results, the study of shrivelling must be introduced into the regional experimentation of varieties, together with observations done on the local climatic conditions.

Wheats resistant or slightly susceptible to shrivelling are generally, but not invariably, early. Some have only a middle earliness ; it is surely possible to create, for the regions other than southern, highly productive varieties (relati-

vely not very early), and at the same time not very susceptible to shrivelling. A series of eventual parents is given, among which, in so far as their good maturity and resistance to stem- and leaf-rusts are concerned, are the following spring-wheats : *Frontana, Saunders, Regent, Renown, Redman, Rescue,* as well as *Bage, Petirrojo, 3352 V 05, Klein Cometa, Klein Otto Wulf,* and a winter-wheat : *Comanches.*

ZUSAMMENFASSUNG

Schmachtkorn beim gemeinen Weizen und Tausendkorngewicht

In der Sammlung von gemeinen Weizen, im Zuchtgarten von Montpellier, werden seit 1947, mit den gewöhnlichen Anmerkungen, das Tausendkorngewicht, seit 1949 das Aussehen des Kornes und der Grad der Notreife bestimmt.

Die Ergebnisse wurden in einer umfangreichen Tabelle zusammengefasst, die nach dem zeitlichen Eintritt des Blühens der einzelnen Sorten geordnet ist (ab 1952 aufgezeichnet). Bei jeder Sorte ist das eine Mal das Maximum P des Tausendkorngewichts angegeben, das erreicht wurde zwischen 1947-1957, und das andere Mal, zwar nicht das jährliche Tausendkorngewicht p, sondern eine Grösse in Prozenten, nämlich das gewichtsanalytische Defizit (P-p) in Prozent von P ausgedrückt. Für die physiologische Notreife findet man ein Empfindlichkeitszeichen. Dieses Zeichen wurde, nach Vergleichsprüfungen von Weizen mit ähnlicher Frühreife, für jede Sorte aufgestellt. Sein Wert wird bestimmt von der Beobachtung der mehr oder weniger häufig auftretenden Notreife, die ausgelöst wird durch die Erscheinung, dass ernste ungünstige Wachstumsfaktoren während des Wachstumsstadiums fehlen.

In einem vorigen Abschluss, von 1952, wurde der Ausdruck « gewichtsanalytische Notreife » geprägt. Um die Gefahr von Irreführung zu beseitigen, soll heute der Begriff folgendermassen erklärt werden : ein verhältnismässig schwaches Korngewicht, mit gleichzeitigem offensichtlichen Fehlen von Kümmerkörnern, und manchmal sogar mit einem hohen Ertrag. Diese Definition scheint in Südfrankreich ihre Gültigkeit zu behaupten.

Doch, die angewandte Methode gibt keine voll befriedigende Antwort auf die Frage. Für die Garantie sicherer Ergebnisse müssen Versuche über Notreife in den einzelnen Sortenbezirken, in Verbindung mit Beobachtungen der örtlichen Klimaverhältnisse, unternommen werden.

Die gegen Notreife widerstandsfähigen oder wenig empfindlichen Weizen sind im allgemeinen, jedoch nicht alle, frühreife Sorten. Manche besitzen nur eine mittlere Frühreife.

Sicherlich darf die Züchtung von Sorten mit hohem Ertrag, verhältnismässig später Frühreife und zugleich möglichst grosser Resistenz gegen Notreife, für un südliche Gegenden als möglich betrachtet werden.

Eine Reihe von eventuellen Elternsorten sind gegeben. Darunter kann man als Eltern für gute Reife und Widerstandsfähigkeit gegen Schwarz-und Braunroste die Sommerweizen betrachten, wie : Frontana, Saunders, Regent, Renown, Redman, Rescue, weiterhin Bage, Petirrojo, 3342 V 05, Klein Cometa, Klein Otto Wulf und einen Winterweizen namens Comanches.

РЕЗЮМЕ

Щуплость зерна у мягких пшениц и вес тысячи зерен.

ШЕВАЛЬЕ.

В коллекции мягких пшениц, высеянных в питомник, в Монпелье, помимо обычных наблюдений, с 1947 года, было произведенно определение веса тысячи зерен и с 1949 года оценка «видимости зерна и степень щуплости».

Совокупность этих данных собранна в обширную таблицу в которой сорта расположенны в растущем порядке по сроку цветения (начиная с 1952 года).

Против каждаго сорта помеченно, с одной стороны, максимум «Р» достигнутый весом тысячи зерен, между 1947 и 1957 годами и, с другой стороны, на каждый год — не вес тысячи зерен «Р», а процентное отношение : разница (Р — р) выраженная в сотых от «Р».

Чивствительность к физиологическому «запалу» сорта выраженна баллом, после сравнения с пшеницами схожей спелости и основанным, особенно на констатировании, более или менее частом, известной щуплости в отсутствии серьезных повреждений в период растения.

В предидущем итоге, остановленном в 1952 году употреблялось выражение : «весовая щуплость». Этот термин может повлечь к ложным сопоставлениям и должен быть из'ятым : вес тысячи зерен относительно слабый и видимое отсутствие щуплости часто совмещаются и иногда, даже, при высоких урожаях.

Определенный балл кажется действительным для южных областей. Но использованный метод, позволяет только подход к вопросу. Для получения более прочных результатов, изучение запала должно быть включено в районную экспериментацию сортов сопровождаемую наблюдениями о местных климатических данных.

Пшеницы стойкие или мало чувствительные к запалу, главным образом ранние, но не все. Некоторые являются лиш средне-скороспелыми; есть безусловно возможность создать, вне южных областей, высокопроизводительные сорта (относительно малой скороспелости) и одновременно, малочувствительные к запалу.

Цитируется серия возможных породителей между которыми, имеющие хорошое выспевание и устойчивость к черной и к коричневой ржавчине, для яровых : Frontana, Saunders, Regent, Renown, Redman, Rescue, а так-же Bage, Petirrojo, 3352 V 05, Klein Cometa, Klein Otto, Wulf и для озимых : Comanches

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Chevalier (R.). — Echaudage du blé et poids de mille grains. *Ann. de l'Am. des Plantes*, **2**, 1953.

(2) Ecochard (R.), Gillet (M.) et Trinquand (E.). — L'évolution de la rouille noire sur la plante adulte de blé et son incidence sur le poids du grain. *Ann. de l'Am. des Plantes*, **2**, 1954.

(3) Chevalier (R.). — Les variétés de céréales d'hiver dans les régions méridionales (1952-56). *Bull. Techn. d'Inform. des Ing. des Serv. Agr.*, nº 114, oct.-nov. 1956.

DOCUMENTATION

GÉNÉRALITÉS

1. Cytologie.

BOSEMARK (N. O.). — **Further studies on accessory chromosomes in grasses.** (Nouvelles recherches sur les chromosomes accessoires chez les Graminées). *Hereditas*, **43**, 2, 236-297, 1957.

L'auteur étend le domaine de ses prospections, au sujet des chromosomes accessoires. Il étudie leur cytogénétique et leur transmission chez *Festuca arundinacea*, *Poa trivialis*, *Briza media*, *Holcus lanatus*, *Alopecurus pratensis*, *Phleum nodosum*, sur des plantes provenant de populations naturelles. Il met en évidence des points communs à ces éléments dans les différentes espèces :

— longueur inférieure à celle des chromosomes normaux, aspect structuré,

— nombre constant dans les différentes parties de la plante, sauf chez *Poa trivialis*,

— appariement fréquent à la méiose entre ces chromosomes accessoires sous forme de bivalents, tétravalents mais jamais avec des chromosomes ordinaires,

— aucune séparation de chromatides à partir d'univalents,

— élimination faible sous forme de micronucléii,

— mécanisme d'accroissement numérique, sauf chez *Poa trivialis*, par non-disjonction à la première mitose du pollen en faveur du noyau génératif.

Le fait que, lors de croisements réciproques entre plantes avec et sans ces éléments, les descendances, ayant pour pères des individus à chromosomes accessoires, en ont un nombre moyen supérieur aux autres, laisse penser que ce phénomène n'a pas d'équivalent pour l'ovule.

Il discute de l'origine, de l'effet génétique et de la valeur sélective de ces chromosomes accessoires. Se basant sur les augmentations de vigueur observées chez la Fétuque des prés et la Centaurée Scabieuse, leur rôle dans le métabolisme des acides nucléiques du Maïs, leur présence chez de nombreuses espèces et quelquefois à des niveaux numériques élevés, l'auteur pense qu'ils ont une influence sur la vie de la plante, pouvant être dans certains génotypes et certaines conditions écologiques, utile.

P. M.

Brown (C. M.) and Shands (H. L.). — **Pollen tube growth, fertilization and early development in** *Avena sativa*. (Croissance du tube pollinique, fécondation et premiers stades de développement de l'embryon chez *Avena sativa*). *Agron. J.*, **49**, 286-288, 1957.

A partir de la pollinisation, en 5 minutes les grains de pollen commencent à germer, en 30 minutes les noyaux ♂ et ♀ sont en contact, en 4 heures la fusion des noyaux a eu lieu ; 13 h. 30 après la pollinisation, le zygote entre en prophase et 5 h. 30 plus tard il est constitué de deux cellules en même temps que l'albumen est formé de 16 noyaux dispersés dans le sac embryonnaire. Une série de photographies illustre la succession des événements depuis la pollinisation jusqu'à la 90e heure après la pollinisation.

S. E.

Hutton (E. M.). — **Some effects of induced autopolyploidy in white clover, barrel medic and Wimmera ryegrass**. (Quelques effets de l'autopolyploïdie induite chez le trèfle blanc, *Medicago tribuloïdes* et *Lolium rigidum*). *J. Austral. Inst. Agric. Sci.*, **23**, 227-231, 1957.

Après avoir indiqué les techniques utilisées dans la production de tétraploïdes, l'auteur analyse les effets du doublement chromosomique. Outre les modifications classiques : épaississement des tiges, feuilles plus grandes, tardivité, grains de pollen plus gros et graines plus volumineuses, on peut noter l'intensification de l'activité cyanogénétique et la réduction de vigueur et de persistance chez *Trifolium repens*, un accroissement de vigueur chez certaines plantes de *M. tribuloïdes*, et une réduction non généralisée du nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse demeurant constant. La caractéristique la plus notable des *Lolium rigidum* 2*n* est l'accroissement de leur durée de vie par rapport aux 2*n* correspondants.

S. E.

Jackson (R. C.). — **New low chromosome number for plants.** (Une nouvelle limite inférieure du nombre des chromosomes chez les végétaux). *Nature*, **126**, 1115-1116, 1957.

Haplopappus gracilis (Composées — section *Blepharodon*) $n = 2$ fleurit en quatre mois.

S. E.

Longley (A. E.). — **The origin of diminutive B-type chromosomes in maize.** (L'origine des chromosomes B « raccourcis » du maïs). *Amer. J. Bot.*, **43**, 1, 18-22, 1956.

Des chromosomes B « raccourcis » ont été formés à la suite d'échanges entre des fractions spatialement séparées d'un chromosome B normal d'une part, entre les deux fractions d'un chromosome B présent dans la translocation B-9*a* d'autre part. De tels échanges pourraient être provoqués par l'action d'importantes zones hétérochromatiques présentes chez les chromosomes B ainsi que chez une forme aberrante du chromosome 10. Cette hétérochromatine serait une hétérochromatine « modifiée » susceptible de provoquer un comportement aberrant des autres fractions des chromosomes B ou d'agir de la même manière sur des chromosomes A.

Y. Ca.

2. Génétique

BOSEMARK (N. O.). — **On accessory chromosomes in *Festuca pratensis*. V. Influence of accessory chromosomes on fertility and vegetative development.** (Étude sur les chromosomes accessoires chez *Festuca pratensis*. V. Influence des chromosomes accessoires sur la fertilité et le développement végétatif). *Hereditas*, **43**, 2, 211-234, 1957.

L'auteur a précédemment exposé les résultats d'études cytologiques et génétiques sur les chromosomes accessoires dans *Festuca pratensis* L. Il s'est attaché ici à analyser leur influence.

Il met en évidence une corrélation négative entre le nombre de ces éléments et la fertilité. Par contre, ils n'interviendraient pas dans la vitesse de germination. Il étudie avec un matériel varié (descendances de croisements simples, réciproques, frères-sœurs, récurrents), en champ et surtout en conditions contrôlées de serre, leur action sur le poids des plantes. Il montre :

— qu'un nombre de chromosomes accessoires supérieur à deux est désavantageux,

— qu'un nombre égal à deux est significativement favorable dans certains groupes de plantes ayant un fond génétique commun.

Il conclut que ces éléments jouent un rôle dans la vie de la plante, leur action sur la croissance pouvant être bénéfique. Cette dernière propriété, l'auteur en convient, ne peut absolument pas être généralisée. Il pose ensuite le problème de leur origine et de leur maintien, en nombre variable, dans les populations.

P. M.

3. Physiologie.

DEXTER (S. T.). — **Moisture equilibrium values in relation to mold formation of seeds of several grass and small-seeded legumes.** (Rapports entre la teneur en eau et la formation de moisissures chez les semences de quelques Graminées et de Légumineuses à petites graines). *Agron. J.*, **49**, 9, 485-486, 1957.

Les semences de différentes graminées (fléole, dactyle, ray-grass, fétuque) et légumineuses (trèfle, luzerne) ont été stockées en atmosphère humide jusqu'à ce qu'un équilibre se soit réalisé entre les graines et le milieu. La rapidité de développement des moisissures a été, en particulier, étudiée.

Bien que toutes les semences de Graminées atteignent rapidement leur équilibre, on constate des différences spécifiques nettes de teneur en eau pour des humidités relatives variant de 55 à 85 p. 100, ainsi que de grandes différences dans les pentes des courbes de réalisation de cet équilibre. Les semences de légumineuses réagissent plus lentement au début, mais en fin de processus, les courbes de réalisation de l'équilibre sont plus tendues que celles des graminées.

Les légumineuses moisissent moins vite que les graminées, ce qui semble lié à la lenteur d'établissement de l'équilibre.

Leurs semences sont plus riches en protéines ce qui pourrait expliquer leur teneur en eau élevée lorsque l'humidité relative est importante. Les différences de composition chimique des graminées sont plus importantes que celles des semences de légumineuses mais n'apportent aucun éclaircissement en ce qui concerne leur comportement.

La rapidité de formation des moisissures semble liée à celle avec laquelle l'équilibre s'établit, c'est pourquoi les graminées moisissent plus vite que les légumineuses. D'autre part, on a montré que la perte de vitalité se produit rapidement quand elle a commencé, que les graines ayant subi des lésions tendent à la perdre beaucoup plus rapidement que les graines intactes. Il s'agit là d'un problème important quand on songe aux réductions de germination que peuvent entraîner l'échauffement ou les moisissures.

P. Ja

Owen (P. C.). — **Rapid estimation of the areas of the leaves of crop plants.** (Estimation rapide de la surface des feuilles des plantes cultivées). *Nature*, **4586**, p. 611, 1957.

Dans l'analyse physiologique de la croissance des végétaux, l'évaluation de la surface des feuilles peut être nécessaire. Certains auteurs ont déjà décrit une méthode pour réaliser une grille de mesure sur laquelle les surfaces sont lues directement.

L'auteur a modifié cette méthode originale pour la rendre applicable à des feuilles non elliptiques. D'autres modifications sont encore possibles en vue de mesurer toutes les catégories de feuilles pour lesquelles il existe deux dimensions linéairement liées à la surface. Si les feuilles sont asymétriques, on mesure leur largeur maximum (B) et la distance (A) entre l'endroit de cette mesure (P) et la pointe de la feuille. Ceci est répété pour autant de feuilles qu'il est possible, choisies dans une gamme très variée de dimensions. Pour ces mêmes feuilles, on mesure au planimètre la surface.

Pour la betterave sucrière, le coefficient de régression b des deux mesures est de 1,05 $\pm$ 0,013. La surface de la feuille est donc égale à b (AB). Les coordonnées de P sont A et B. On peut donc réaliser une grille dont les carreaux auront $\frac{1}{b}$ cm^2. Celle mise au point pour la betterave comporte un carroyage de 0,97 cm de côté. Pour évaluer la précision de la méthode, 155 feuilles furent mesurées à l'aide de la grille et du planimètre. La régression linéaire des surfaces planimétrées sur les surfaces évaluées au moyen de la grille représente 99,2 p. 100 de la variance des surfaces. Cette méthode est certainement plus précise que celles utilisées actuellement quand les surfaces doivent être estimées sans détruire les feuilles.

P. Ja.

Thein (M. M.). — **Survey of anatomical and microchemical changes in the shoot of *Xanthium pennsylvanicum* in relation to photoperiodism.** (Étude des changements anatomiques et microchimiques survenant dans la tige de *X. p.* et de leurs rapports avec le photopériodisme). *Amer. J. Bot.*, **44**, 6, 514-522, 1957.

Les changements anatomiques et microchimiques (ces derniers précédant visiblement les premiers et devant être considérés comme primordiaux), qui se produisent dans des pieds de *Xanthium pennsylvanicum* (plante annuelle de la famille des Composées) maintenus au stade végétatif ou dont la phase reproductive a été induite, ont été suivis pendant trois semaines.

Le deuxième ou le troisième jour après l'induction, l'emploi du chlorure de 2,3,5.triphenyltetrazolium (en tant qu'indicateur d'activité métabolique, selon une méthode préconisée par Kuhn) montre que les apex des tiges des plantes traitées présentent une activité déshydrogénasique accrue.

Cette différence d'activité se maintient durant les dix premiers jours suivant l'induction, temps pendant lequel les ébauches florales accomplissent leur développement. Les changements anatomiques apparaissent au troisième jour suivant le traitement.

Près de la base du dôme apical, des cellules allongées dans l'alignement du tissu procambial existant marquent l'emplacement des primordia floraux.

Des différences anatomiques de la tige entre plantes traitées et témoins apparaissent vers la deuxième semaine après l'induction. Dès la fin de la première semaine, on constate une modification des entrenœuds.

A la fin de la troisième semaine, les différences entre pieds portent notamment sur le nombre d'entrenœuds, l'importance de la lignification des tissus vasculaires, le pH des différents tissus (pour ce dernier caractère, on constate des différences particulièrement marquées).

L'auteur n'a pas déterminé si ces différences sont une conséquence directe d'une exposition à un photopériodisme différent ou sont indirectement affectées par lui, n'étant que la conséquence de la formation des fleurs.

P. Ja.

8. Techniques culturales.

Beyers (E.). — **Trace elements nutrition in deciduous orchards and vineyards.** (Alimentation en oligoéléments dans les vergers et les vignobles). *Frm S. A.*, **32**, 2, 13-16, 1956.

On observe en Afrique du Sud des carences en zinc, magnanèse, fer, cuivre, et de plus en plus en magnésium. Près de Tulbogh, un sol naturellement riche en Mn, acide, réduit l'absorption de fer, provoque des nécroses de l'écorce et un dépérissement des rameaux des arbres fruitiers. On remédie à cet excès par un chaulage, élevant le pH à 6,2. D'autre part, de fortes fumures phosphatées peuvent gêner l'absorption du zinc ou du manganèse, de même qu'une abondante fumure potassique peut provoquer en sol léger une carence en Mg.

Les apports au sol d'oligoéléments ne sont pas toujours efficaces, car ces éléments peuvent être bloqués par les colloïdes du sol ou entraînés en profondeur, en sol léger, de sorte que les apports de borax et de sulfates de Zn, Mn, Cu et Fe ne sont pas recommandés, sauf s'ils sont mélangés à du fumier.

Les applications sur le sol de verre frité enrichi en oligoéléments (F.T.E.) ont été sans résultats, même à la dose de 2 kg par arbre.

Les composés organiques stables, du type chelate (Versene et Sequestrene) de fer sont à l'essai actuellement. L'application au sol dès la chute des pétales de 450 g de Fe EDTA sous forme liquide a permis un reverdissement de pêchers chlorotiques.

Les applications d'oligoéléments sur le feuillage sont souvent efficaces et rapidement absorbées par les feuilles (en une journée) ; elles doivent se faire pendant la période de forte végétation. L'adjonction d'un mouillant est très utile.

Sulfate de Mg : solution à 2 p. 100 (20 lbs pour 100 gallons).

Sulfate de Mn : solution à 0,1-0,2 p. 100 à neutraliser.

Oxysulfate de Zn : solution à 0,05 à 0,15 p. 100.

Oxyde de Zn (ZnO) : solution à 0,02 à 0,1 p. 100.

Sulfate de Cu : solution à 0,1 p. 100 à neutraliser par de la chaux à 0,2 p. 100.

Borax : solution à 0,3 p. 100.

Molybdate de Na ou ammonium : 28 à 110 g pour 450 litres.

On observe souvent des brûlures sur feuilles : prunier et abricotier sont parmi les espèces les plus sensibles, pommier et poirier parmi les moins sensibles, alors que leurs fruits sont fragiles.

Pulvérisations hivernales :

SO_4Zn à 1,5 p. 100 ;

ZnO à 0,4 p. 100 ;

SO_4Mn à 1,5 p. 100.

Ces pulvérisations sont à effectuer une semaine avant le traitement à la bouillie sulfocalcique ou aux huiles et DNC.

P. R.

9. Technologie.

J. A. M. — **Les séchoirs continus à grains.** *Agriculture*, 192-222, 1957.

Étant donné l'importance des problèmes de séchage qui peuvent se poser à certains stades de la sélection, il ne semble pas déplacé de signaler cet article technique qui fait le point de la question à l'heure actuelle.

Lorsqu'on a du grain humide et qu'on désire le garder sans altération il est nécessaire de le sécher rapidement.

Avec des éléments constitutifs identiques, il existe de nombreuses solutions au problème. Les séchoirs ont tous pour principe de favoriser au maximum les échanges d'humidité entre l'air et le grain. Le générateur de chaleur placé en tête du circuit de l'air peut être soit un brûleur à combustible liquide, soit un foyer à combustible solide (utilisant notamment les râfles, dans le cas des séchoirs à maïs). Dans certains cas, avant d'être envoyé sur le grain, l'air chaud est additionné d'air frais. Il est nécessaire de prévoir une zone de refroidissement étant donné les dangers importants présentés par le stockage du grain chaud. Il n'existe pas actuellement de régulation automatique de l'humidité du grain traité.

Les appareils doivent présenter un certain nombre de caractéristiques. Leur polyvalence ou leurs possibilités d'utilisation dépendent de leur conception qui peut être statique ou mieux dynamique. Les consommations spécifiques réelles en énergie des divers appareils sont souvent voisines. Si l'encombrement d'un séchoir n'influe pas sur la qualité de son travail, les plus intéressants sont quand même les plus faciles à mettre en place.

En pratique, la réalisation du séchoir amène à les grouper en quatre types. Les séchoirs verticaux sont parfois présentés comme des « silos séchoirs ». Leur vitesse d'écoulement est réglée par l'extracteur qui se trouve en bas de colonne. Dans le type horizontal, l'air traverse une mince couche de grain verticalement. En général, la gamme de réglage y est plus importante que dans le type précédent. Il présente l'inconvénient de rendre difficile la récupération de l'air humide. Ce dernier, évacué dans le local, amène des risques de condensation. Dans les séchoirs à plateaux, on a fragmenté le plan de travail des séchoirs horizontaux pour réaliser un appareil de forme ramassée. Enfin, dans le type à tambour, le grain est introduit à une extrémité d'un cylindre où les réglages portent sur la température et l'humidité de l'air de traitement.

Les séchoirs continus à grains étant des appareils valant souvent une somme importante, les utilisateurs éventuels ont intérêt à établir avant tout

engagement de dépenses un « cahier des charges » portant notamment sur : les possibilités de réglage et la gamme d'utilisation, la consommation en combustible et en électricité pour un travail donné, le prix brut et les frais d'installation, les délais d'installation (ces deux derniers points étant les plus importants).

P. Ja.

CULTURES SPÉCIALES

1. Céréales.

Brown (C. M.) and Weibel (R. O.). — **Border effects in winter wheat and spring oats tests.** (Étude des effets de bordure chez le blé d'hiver et l'avoine de printemps). *Agron. J.*, **49**, 7, 382-384,1957.

Les expériences relatées par les auteurs démontrent l'effet, déjà connu, des bordures sur le rendement aussi bien chez le blé d'hiver que chez l'avoine de printemps. Cependant, elles mettent aussi en évidence, dans deux essais sur quatre, une interaction significative variété × bordure : le tallage facteur principal influencé par les bordures, n'est pas modifié aussi fortement chez toutes les variétés.

Par ailleurs, chez l'avoine de printemps, le poids de l'hectolitre obtenu sur les lignes de bordures est plus bas que sur les lignes centrales. Chez le blé d'hiver, il est identique. L'explication fournie par les auteurs est la suivante : chez l'avoine de printemps, les talles supplémentaires émis sur les lignes de bordure seraient trop tardifs pour bien mûrir leurs grains. Chez le blé d'hiver, ces mêmes talles seraient émis suffisamment tôt pour mûrir normalement leurs grains.

C. Mo.

Frey (K. J.) and Wiggans (S. C.). — **Growth rates of oats from different test weight seed lots.** (Vitesses de croissance d'avoines issues de lots de semences à poids spécifiques différents). *Agron. J.*, **48**, 11, 521-525, 1956.

Les auteurs se sont proposés de mesurer, à divers stades de leur croissance, la différence de vigueur de plantules d'avoines issues de semences à faible et fort poids spécifique.

Quatre variétés et cinq lots de graines pour chacune d'elles ont été étudiés. Les résultats ont été les suivants :

— Dans tous les cas, le poids des plantules issues de lots à faible poids spécifique atteint 50 à 75 p. 100 du poids des plantules de l'autre catégorie.

— Sauf deux exceptions, le poids final des plantes issues de graines légères rejoint celui des plantes de l'autre groupe, 7 à 10 semaines après le semis.

— Pour trois des quatre variétés étudiées, le poids de 100 graines à la récolte est associé positivement au poids spécifique de la semence.

C. Mo.

Frey (K. J.) and Wiggans (S. C.). — **Tillering studies in oats. I. Tillering characteristics of oat varieties.** (Études sur le tallage chez l'avoine. I. L'aptitude variétale au tallage). *Agron. J.*, **49**, 1, 48-50, 1957.

Les auteurs mettent en évidence trois points principaux :

1° La capacité de tallage (tallage-panicule) est un caractère variétal, bien

que les avoines d'hiver tallent en général plus que les variétés de printemps ; il existe, chez ces dernières, des lignées tallant autant que le type « hiver ».

2° Les faibles densités accroissent le tallage. Cependant, la corrélation entre le tallage à faibles et grands espacements est forte : l'étude du comportement variétal peut donc être réalisée à faible densité, en pépinière.

3° Il n'y a aucune corrélation, quelle que soit la densité du semis, entre l'aptitude au tallage et la précocité d'épiaison.

C. Mo.

Goodey (T.). — **Oats and varietal susceptibility to stem eelworm infestation** (Sensibilité variétale au nématode de la tige chez l'avoine). *7th Intern. Bot. Congress*, p. 203, 1950.

En Grande-Bretagne, les dégâts causés par le nématode de la tige (*Ditylenchus dipsaci*) sont graves chez l'avoine. La même race attaque les oignons, les pois fourragers, les panais, ainsi que certaines plantes adventices (*Stellaria media, Polygonum convolvulus, Anagallis arvensis*) qui servent de réservoirs-hôtes.

Les variétés résistantes mentionnées par l'auteur sont :

— en avoine d'hiver : *Grey Winter*, « *Avoine d'hiver* », et *S 81* (*Grey Winter* × *Kyko*) ;

— en avoine de printemps : *Capa, Pampa* et *Victoria*.

L'auteur discute de l'utilisation de *Victoria*, sensible à l'*Helminthosporium Victoriae*, comme géniteur. Il suggère l'emploi, en back-cross avec des variétés de printemps de *Grey Winter*.

C. Mo.

Hooker (A. L.). — **Varietal reaction correlation studies in the *Septoria* disease of oats.** (Étude des corrélations entre les divers symptômes du *Septoria avenae* sur diverses variétés d'avoine). *Agron. J.*, **49**, 11, 600-603, 1957.

Des différences variétales de sensibilité des feuilles, tiges, glumes et grains ont été décrites dans des publications antérieures. L'étude des corrélations entre les sensibilités observées des divers organes de la plante a montré :

1° Une corrélation positive significative entre les diverses méthodes d'appréciation de l'infection des feuilles et des tiges.

2° Une corrélation positive significative entre l'intensité de l'infection observée sur feuilles, tiges et grains de la même plante.

3° Une corrélation positive et significative entre les réactions observées à différents endroits et différentes années pour diverses variétés.

4° Une corrélation négative significative entre l'intensité de l'attaque sur tige ou feuille et la date d'épiaison.

E. Po.

Kiesling (R. L.) and Grafius (J. E.). — **Several oat varieties resistant to natural infection by *Leptosphaeria avenaria*.** (Variétés d'avoine résistantes à l'infection naturelle de *Leptosphaeria avenaria*). *Phytopath.*, **46**, 6, 1956.

Quarante variétés ont été sélectionnées dans une collection mondiale de 5343 variétés pour leur résistance, dans les conditions du Michigan, à l'attaque sur tige et sur feuille de *Leptosphaeria avenaria* (*Septoria avenae*). Ces variétés ont été testées pendant trois ans en quatre stations du Michigan en comparaison avec un même témoin très sensible.

Bien qu'une certaine fluctuation ait été enregistrée entre années et entre Stations sur l'intensité des attaques, il résulte des observations que toutes les variétés ont manifesté une sensibilité très inférieure à celle du témoin. Par ailleurs, aucune relation ne semble exister entre la résistance à l'attaque sur tige et sur feuilles : 9 variétés ont affirmé une haute résistance aux deux types d'attaque, une variété est hautement sensible à l'attaque sur feuille mais résistante à l'attaque sur tige, plusieurs variétés sont du type inverse.

Les neuf variétés citées plus haut, apparaissent, en conclusion, des géniteurs de haut intérêt.

C. Mo.

Suneson (C. A.) and Ramage (R. T.). — **Studies on the importance of the yellow-dwarf virus.** (Études sur l'importance d'une maladie à virus, le « yellow-dwarf »). *Agron. J.*, **49**, 7, 365-367, 1957.

Une maladie à virus, le « yellow-dwarf » a été signalée pour la première fois sur Orge, Avoine et Blé en Californie en 1951.

Elle se manifeste par un jaunissement précoce de la plante et une taille nettement inférieure à la normale à maturité. Le virus est véhiculé par les pucerons.

L'auteur relate des expériences échelonnées sur 6 ans ayant mis en évidence :

— les types de réaction variétale à ce virus, chez le Blé, l'Orge et l'Avoine ;

— les pertes de rendement occasionnées par le virus.

En semis précoce, les pertes ont été de l'ordre de 26 p. 100 ; en semis tardif ils ont atteint 80 p. 100.

L'Orge, le Blé et l'Avoine apparaissent également sensibles. Les variétés d'orge cultivées en Californie s'avèrent plus résistantes que les variétés nord-américaines.

Un programme d'amélioration pour la résistance soit aux pucerons soit au virus apparaît nécessaire.

C. Mo.

La série des 9 analyses suivantes concerne le problème de la génétique de la résistance à la rouille noire.

Knott (D. R.) and Anderson (R. G.). — **The inheritance of rust resistance. I. The inheritance of stem rust resistance in ten varieties of common wheat.** (L'hérédité de la résistance à la rouille. I. Hérédité de la résistance à la rouille noire chez dix variétés de blé tendre). *Canad. J. Agric. Sci.*, **XXXVI**, 3, 174-195, 1956.

L'hérédité de la résistance aux races 15B et 56 est étudiée chez les variétés suivantes :

— *Kenya 58, Kenya 117A, Red Egyptian, Egypt Na 95, Mc Murachy, Gabo, Lee, Timstein, Thatcher* et *Marquis*.

Les tests ont été faits : 1° sur les F2 issues de croisements diallèles parmi ces 10 variétés et 2° sur les backcross relatifs à *Marquis*.

Les gènes décelés sont les suivants :

1° Un gène d'hypersensibilité aux deux races 15B et 56 chez *Kenya 58, Mc Murachy* et *Red Egyptian*.

2° Un gène de résistance à 15B seul chez *Kenya 58, Kenya 117 A* et *Egypt Na 95*.

3° Un gène de résistance modérée aux deux races chez *Red Egyptian.*
4° Un gène de résistance modérée à 56 seul chez *Kenya 117 A* et *Egypt Na 95.*
5° Un gène de résistance à 56 chez *Kenya 117 A* et *Egypt Na 95.*
6° Deux gènes complémentaires de résistance à 56 chez *Gabo, Lee, Timstein.*

R. Ec.

Knott (D. R.) and Anderson (R. G.). — **The inheritance of rust resistance. II. The inheritance of stem rust resistance in six additional varieties of common wheat.** (L'hérédité de la résistance à la rouille. II. Hérédité de la résistance à la rouille noire chez six variétés supplémentaires de blé tendre). *Canad. J. Agric.*, **XXXVII**, 3, 177-192, 1957.

L'hérédité de la résistance aux races 15B et 56 a été étudiée de la même façon que précédemment chez *Africa n° 43, Kenya C 9906, Kenya 338 AC 2.E.2, Egypt Na 101, Vadeiro* et *Red Egyptian type PI 170.910.*

A l'exception de *Vadeiro* toutes les variétés portent des combinaisons variées des gènes déjà signalés.

Vadeiro possède au stade adulte une résistance à la race 15B vraisemblablement régie par deux gènes à action cumulative.

R. Ec.

Watson (I. A.). — **Sources of wheat stem rust resistance.** (Sources de résistance à la rouille noire du blé). *Agron. J.*, **48**, 11, 526-527, 1956.

La variété *Khapstein,* qui descend du croisement de *Steinweidel,* par le *dicoccum Khâpli,* est résistante au stade plantule à la plupart des souches de rouille noire qui prévalent en Amérique du Nord. Des sous-races indistinguables avec *Khâpli* peuvent souvent l'être d'après leur réaction avec *Khapstein.*

Deux lignées de *Kenya 117 A* permettent aussi de telles différenciations. L'une d'elles présente une bonne gamme de résistance vis-à-vis de l'ensemble des races américaines de rouille noire.

R. Ec.

Athwal (D. S.) and Watson (I. A.). — **Resistance to** *Puccinia graminis* **in** *Khapstein,* **a** *vulgare* **derivative of** *Khâpli* **Emmer.** (La résistance à *Puccinia graminis* chez *Khapstein,* descendant du type *vulgare* de l'amidonnier *Khâpli*). *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **81**, 380, 71-77, 1956.

La variété *Khapstein* descend du croisement de *Steinweidel* par le *dicoccum Khâpli.* Sa résistance aux races australiennes et à la race 21 de rouille noire est régie par deux facteurs indépendants dont l'effet est additif. Ces deux facteurs sont distincts des gènes de résistance de *Marquillo, Thatcher, Hochzucht, Kenya 117 A* et *Kenya 744* à la race 222 AB et distincts aussi du gène de résistance de *Thatcher* et *Hochzucht* à la race 21.

R. Ec.

Smith (G. S.). — **Inheritance of stem rust reaction in tetraploid wheat hybrids. I. Allelic genes in** *Mindum Durum* × *Vernal Emmer.* (Hérédité de la réaction à la rouille noire chez les hybrides interspécifiques de blés tétraploïdes. I. Allèles chez *Mindum* (*dicoccum*) × *Vernal* (*Durum*)). *Agron. J.*, **49**, 3, 134-137, 1957.

Mindum et *Vernal* ont des réactions inverses vis-à-vis des races 17 et 147 de rouille noire. *Mindum* doit sa résistance à la race 147 au gène Sr^m ; *Vernal* as résistance à la race 117 au gène Sr^v.

Ces deux facteurs sont des allèles portés par un même locus ; de sorte que le croisement *Mindum* × *Vernal* présente une disjonction monofactorielle et que, en F2 et F3 les types résistants à une race sont sensibles à l'autre et vice-versa.

R. Ec.

Unrau (J.), Person (C.) and Kuspira (J.). — **Chromosome substitution in hexaploid wheats.** (Substitutions chromosomiques chez les blés hexaploïdes). *Canad. J. Bot.*, **34**, 629-640, 1956.

Ces auteurs exposent les méthodes qu'ils emploient actuellement à l'Université d'Alberta, à partir des monosomiques de Sears, pour :

1° Obtenir des séries aneuploïdes chez d'autres variétés que *Chinese Spring* (ce qui a été réalisé avec *Thatcher* et *Lemhi*).

2° Transférer une paire de chromosomes d'une variété « donneuse » sur une autre, dont on a la série monosomique (par exemple pour avoir un *Thatcher* avec chromosome X de *Timstein*, résistant à la race 15B) .

3° Réaliser des substitutions intergénériques de chromosomes qui permettent par exemple d'introduire une paire de chromosomes de seigle chez le blé tendre.

Ces méthodes permettent en outre de déterminer dans une certaine mesure le rôle joué par tel ou tel chromosome dans l'expression des caractères quantitatifs.

R. Ec.

Sears (E. A.), Loegering (W. Q.) and Rodenhiser (H. A.). — **Identification of chromosomes carrying genes for stem resistance in four varieties of wheat.** (Identification des chromosomes porteurs de gènes de résistance à la rouille noire, chez quatre variétés de blé). *Agron. J.*, **49**, 4, 208-212, 1957.

Ces auteurs, comme les précédents, ont obtenu par back-cross à partir des lignées aneuploïdes de *Chinese Spring*, des lignées aneuploïdes des autres variétés suivantes : *Hope, Thatcher, Red Egyptian* et *Timstein* (ces variétés sont résistantes à la rouille noire, et non apparentées entre elles).

Après contamination artificielle des F2 par 26 cultures de *Puccinia graminis*, on a localisé les gènes de résistance suivants :

Hope, chromosomes VIII et XVII.
Thatcher, chromosomes III, XIII et XIX.
Red Egyptian, chromosomes VI, XIII et XX.
Timstein, chromosome X.
D'autres chromosomes portent des gènes modificateurs.

R. Ec.

Wiggin (H. C.). — **Monosomic analysis of stem rust reaction and awn expression in *Kentana 52* wheat.** (Analyse monosomique de la résistance à la rouille noire et de la présence de barbe chez le blé *Kentana 52*). *J. Heredity*, **46**, 5, 239-242, 1955.

Une analyse génétique de la résistance à la rouille noire a été faite par la méthode des monosomiques de Sears.

La variété *Kentana 52*, résistance aux races 15 B et 56, doit ces caractères respectivement à deux gènes portés par le chromosome XX. Le taux de linkage a pu être apprécié : il est de 37,6 p. 100.

Cette analyse a permis de localiser en outre les gènes a_1, a_2, a_3, a_4 et *bd* agissant sur l'aristation ; ils sont situés, dans l'ordre, sur les chromosomes II, XX, XII, XVI et VIII.

R. Ec.

Nyquist (W. E.). — **Monosomic analysis of stem rust resistance of a common wheat strain derived from** *T. Timopheevi*. (Analyse monosomique de la résistance à la rouille noire chez une lignée de blé tendre provenant de *T. Timopheevi*). *Agron. J.*, **49**, 4, 222-223, 1957.

Une analyse génétique de la résistance à la rouille noire a été faite par la méthode des monosomiques de Sears.

La variété CI 12 633, qui tire sa résistance des races 11, 17 et 56 de *T. Timopheevi*, doit cette résistance à un gène dominant porté par le chromosome XIII.

Cela la distingue de la variété *Timstein*, dont on sait par ailleurs qu'elle dérive non pas de *T. Timopheevi* comme on le disait d'abord, mais du blé dur *Gaja* (chromosome intéressé, le X).

R. Ec.

Lanza (F.). — **Metodologia e fattori influenti nel controllo a freddo della germinazione del Mais.** (Méthode et facteurs intervenant dans le contrôle de la germination au froid du Maïs). *Maydica*, **II**, 4, 115-134, 1957.

La Station de Bergame s'est équipée pour les essais de germination au froid du Maïs.

La méthode utilisée est la suivante : semis dans une couche de terre entre deux feuilles de papier filtre, qui sont ensuite roulées et entreposées dans des armoires climatisées ; chaque essai dure 10 jours à 10°C, puis 3 jours à 25°.

L'origine de la terre utilisée peut influer sur les résultats ; la normalisation ne serait possible que par l'emploi d'une terre stérilisée avec adjonction d'une culture de champignons spécifiques.

L'effet des lésions du péricarpe, de la structure de l'albumen, du génotype et de l'année de récolte de la semence a été étudiée, sans conclusions très précises pour l'instant. Seule l'influence du traitement par un fongicide est très nette.

H. C.

Whiteley (J. R.), Thomas (W. I.) and Johnson (I. J.). — **Cross-incompatibility in Maize.** (Incompatibilité de croisement chez le Maïs). *Agron. J.*, **49**, 9, 513-518, 1957.

Des études antérieures ont montré qu'un seul gène devait être en cause dans un phénomène d'incompatibilité rencontré dans les croisements popcorn × variétés dentées. Trois allèles ont jusqu'à présent été mis en évidence : Ga, Ga^s et *ga*.

Des observations sur descendants F2 et backcross de croisements entre lignées compatibles et incompatibles ont donné une forte déviation par rapport aux proportions attendues.

Des croisements réciproques montrent qu'il n'y a pas de facteurs cytoplasmiques en jeu.

L'auteur envisage les compétitions entre tubes polliniques de génotypes différents. Ces diverses hypothèses n'expliquent pas tous les résultats.

H. C.

3. Plantes textiles.

Shimanskij (N. K.). — **Mezhsortovoe i vnutrisortovoe skreshchivanie maslichnogo l'na.** (Croisements intervariétaux et intravariétaux chez le lin à huile). *Agrobiol.*, **2**, 115-118, 1956.

Ces croisements ont été effectués entre les variétés *Voronezhskij* 1308, *D.S.S.166*, *D. S.S.48*, *Lin à grosses graines* n° *3*, *Kubanskij* n° *9* et *V.N.I.M.K. 5288*. La pollinisation a été effectuée sur les boutons floraux aussitôt après la castration, le matin, en passant successivement les étamines des 5 autres variétés sur les stigmates des fleurs castrées pour les croisements intervariétaux. Il a donc été utilisé à chaque fois un mélange de pollen de toutes les autres variétés. Pour les croisements intravariétaux seul le pollen de la variété à laquelle appartenaient les fleurs castrées a été utilisé. Certaines des fleurs castrées étaient laissées pour être pollinisées naturellement, d'autres mises sous sachet servaient de témoin.

Les fleurs pollinisées artificiellement ont donné des capsules dans une proportion de 80 à 88 p. 100, tandis que celles laissées à la pollinisation libre n'en ont donné que 11 à 40 p. 100. Les capsules provenant des fleurs pollinisées artificiellement contenaient 30 à 54 p. 100 plus de graines que celles provenant des fleurs castrées pollinisées naturellement. Il est à remarquer que les fleurs castrées étaient dépourvues de leur corolle.

Les micro-essais de rendement effectués sur les descendances F2 et F3 de ces croisements accusent une augmentation de rendement par rapport à la variété mère et cela aussi bien pour les croisements intervariétaux que pour les croisements intravariétaux. D'autre part, les plantes fleurissent plus tôt, leurs graines sont légèrement plus grosses et leur richesse en huile est meilleure.

F. Pl.

6. Graminées fourragères.

Dijkshoorn (W.). — **A note on the cation-anion relationships in perennial ryegrass.** (Note sur les relations entre cation et anion chez le ray-grass anglais). *Nether. J. Agric. Sci.*, **5**, 2, 81-85, 1957.

Les effets de fertilisation avec des nitrates comportant les cations suivants : K, Na, Mg, Ca ont été étudiés dans des cultures en pots. Le premier résultat de ces apports d'azote a été de faire passer le poids de matière sèche récolté par pot, de 10 g à 14 g.

Au point de vue composition, l'effet de l'apport de nitrate, sans tenir compte du cation, se manifeste surtout par un accroissement de la teneur en azote et un abaissement de celle en chlore, soufre et phosphore.

La relation cation-anion est indépendante de la fertilisation. Quand ce sont des nitrates de sodium et de potassium qui constituent l'apport d'engrais, l'accroissement de la teneur en cations est dû à une élévation de la teneur en sodium et en potassium. Avec les nitrates de calcium et de magnésium, on constate que ces cations sont incapables d'assurer l'accroissement des besoins en cation, de telle sorte que l'absorption plus élevée d'azote s'accompagne d'un enrichissement en cations non fournis par les engrais (sodium et cations alcalins du sol).

Quantitativement, l'apport d'un milligramme-équivalent de nitrate au sol amène une augmentation de l'assimilation des différents cations (en mg-équivalents) variant de 0,24 à 0,26, une variation de la teneur en anion (Cl + P + S) de + 0,01 à — 0,03 et un accroissement de la teneur en azote de + 0,49 à + 0,62. L'examen des différentes valeurs obtenues montre que par mg-équivalent d'engrais, l'absorption de l'azote s'accroît en moyenne de 0,55 mg-équivalent et celle de cations de 0,25.

Ces données mettent en évidence l'ampleur de l'augmentation d'absorption de l'azote. Indépendamment du rôle joué par les nitrates dans la nutrition, ceci n'est pas un phénomène qui leur est spécifique. On peut encore constater que l'absorption de cations est approximativement moitié de celle d'azote. Il ne serait pas correct d'en déduire que l'ion NO3 joue uniquement un rôle d'anion comme c'est le cas pour Cl, par exemple. En effet, une grande partie du nitrate est rapidement converti par les processus métaboliques en azote organique. Cependant, l'équation de transformation étant de la forme : $NO_3^- + 8H^+ + H_2^- \rightarrow 2H_2O + NH_3 + OH^-$, il n'y a pas de perte d'anion.

P. Ja.

Green (J. O.). — **Perennial ryegrasses to-day and to-morrow.** (Présent et avenir des ray-grass anglais). *The Agric. Rev.*, Novembre 1956.

Actuellement, chaque souche comprend une gamme relativement restreinte de types. La précocité de départ en végétation y est liée à celle de floraison En Grande-Bretagne, le groupe précoce comprend des populations locales (Ayrshire etc.) et les souches *S.24* et *Nouvelle-Zélande* certifiée ; le groupe tardif, la population du Kent et les souches *S.101* et S.*23*.

Au début, les ray-grass précoces étaient jugés uniquement sur leur aptitude à persister. Avec l'apparition des souches sélectionnées de nouveaux critères ont été fixés : densité de tallage, abondance du feuillage. C'est une caractéristique des populations d'Irlande et du Ayrshire de former des gazons ouverts, alors que les souches donnent des gazons plus denses et sont moins sensibles aux attaques de rouille (*Puccinia coronata*, Corda). La multiplication de *S. 24* a dû être abandonnée en Irlande où l'agent du « blind-seed disease », le *Phialea temulenta* Prill et Delacor est trop répandu. L'organisation mise sur pied en vue de cette multiplication est consacrée maintenant à celle de la population *Devon Eaver*.

Les différences entre les souches cultivées et la population du groupe tardif ne sont pas aussi importantes que celles rencontrées dans les souches et populations précoces couramment utilisées. Cependant, il y a une plus grande variété de types dans les ray-grass du Kent que celle que l'on rencontre dans les deux souches sélectionnées. D'autre part, on commence à avoir quelques résultats relatifs aux souches tardives récemment mises au point sur le continent. La multiplication de certaines de ces souches européennes est à l'étude.

Le problème se pose de savoir s'il faut continuer à rechercher des souches complémentaires ou s'orienter vers la création d'une souche à aptitudes générales. L'expérience a montré que *S.24*, lui-même, se comporte admirablement en utilisation intensive. Que deux graminées puissent être complémentaires comme *S.24* et *S.23* implique surtout que l'une contribue à annuler les déficiences de l'autre. Comme les essais, en Grande-Bretagne, avaient montré que les souches « commerciales » étaient plus productives en début d'année que les souches sélectionnées tardives, on avait suggéré de les faire se compléter ; mais ceci ne tenait pas compte des potentialités d'une souche précoce comme

S.24 en culture pure. En effet, les essais du « Grassland Research Institute » ont montré que la productivité des souches précoce et tardive est identique. Il est permis de se demander dans quelle mesure une souche à départ précoce et à floraison tardive ne pourrait pas remplacer, à la fois, *S.24* et *S.23*. C'est d'ailleurs là le type de croissance du ray-grass d'Italie qui fleurit une à deux semaines plus tard que le ray-grass anglais précoce, tout en partant beaucoup plus tôt en végétation. Un tel comportement associé à une certaine pérennité se retrouve dans la souche néozélandaise de ray-grass hybride H_1. Malheureusement, elle est sensible au froid. Pour le moment, les sélectionneurs de Grande-Bretagne et d'ailleurs sont toujours engagés dans un travail de création de souches spécialisées. Une souche à aptitude générale devrait réunir la vigueur, l'abondance de repousse après exploitation intensive, au rythme de croissance du ray-grass hybride. En l'attendant, l'auteur pense que des obtentions comme celles d'Aberystwyth ont une valeur agronomique élevée.

P. Ja.

Hardison (J. R.). — **Record of blind-seed disease control in Oregon.** (*Gerotinia temulenta*). (Rapport sur les méthodes de lutte contre le « blind-seed disease » utilisées en Oregon). *Plant Dis. Reporter*, **41**, 1, 34-41, 1957.

Le ray-grass anglais est cultivé en Oregon pour la production de semences. La présence de *G.t.* y a été notée pour la première fois en 1941 à la suite de la constatation de la faible faculté germinative de la récolte de certains champs.

Par la suite, environ 90 p. 100 des champs furent infestés et la production de semences devint aléatoire.

La mise sur pied d'un programme de lutte a permis une réduction graduelle de l'importance de la maladie et ces dernières années les pertes ont été négligeables. Les points principaux de ce programme concernent actuellement l'incinération des chaumes après la récolte, s'il y a des traces de maladies, et leur retournement après la deuxième récolte de graines. Cette manière de procéder élimine le danger d'infection par les spores provenant de champs très infestés.

La mesure la plus efficace de ce programme est certainement l'incinération des chaumes.

P. Ja.

Roy Hughes. — **The herbage production of two strains of perennial ryegrass.** (Production d'herbe de deux souches de ray-grass anglais). *Welsh Plant Breeding Station*, bull. n° 18, série H, 78 p., 1956.

La production d'herbe de deux souches de ray-grass anglais « *Irish* » et « *S.24* » a été comparée pour deux régimes d'exploitation. Elles étaient incluses dans trois types de mélanges de semences.

Pour un niveau de fertilité moyen, le rendement des différents mélanges est identique ; mais lorsqu'une forte fertilisation azotée est fournie, les rendements des mélanges à base de *S.24* sont plus élevés que ceux des mélanges comportant *Irish*. Cette supériorité est particulièrement sensible au printemps. En été, il n'y a pas de différence.

En ce qui concerne l'importance du rôle du ray-grass dans les rendements, les résultats sont à peu près tout le temps en faveur de *S.24*.

En été, l'absence de différence quand on considère le rendement total est due à la prédominance des autres constituants de la végétation, y compris

les espèces adventices. *S. 24* étant très agressif domine le ray-grass d'Italie quand il lui est associé.

En ce qui concerne la qualité (notamment la valeur nutritive), on peut maintenir à peu près constante en conservant toujours à l'esprit l'agressivité du *S.24* envers le trèfle blanc, et en exploitant en conséquence.

Les mélanges simples sont les plus productifs en pâture, et dans de telles formules *S.24* est supérieur à *Irish*. L'adjonction de ray-grass d'Italie n'a pas eu d'action marquée sur la pousse printanière ; mais elle conduit à de meilleures repousses estivales en première année ; ceci avec *S.24*. Avec *Irish*, le ray-grass d'Italie a eu un effet néfaste pendant les trois années d'expérimentation. L'apport d'engrais azotés a des effets en relation avec différents facteurs énumérés par l'auteur.

L'auteur conclut à la nécessité lors de l'inclusion d'une nouvelle souche dans un mélange complexe, d'une étude pouvant conduire à des changements dans sa composition, si l'on veut obtenir le maximum de production.

P. Ja.

Soper (K.). — **Effects of changes in light and temperature on roots of perennial ryegrass** (*Lolium perenne* L.). (Effets d'un changement dans la luminosité et la température sur les racines de ray-grass anglais). *N. Z. J. Sci. Techn.*, **38**, 8, 783-792, 1957.

Des plantes de *Lolium perenne* L. ont été cultivées au printemps à la lumière normale du jour, à une température moyenne de 13°C, à Palmerston North (lat. 40°30's) en 1955. Les premiers stades de croissance furent obtenus sur vermiculite arrosée de solution nutritive de Hoagland, en pots, jusqu'à ce que la cinquième feuille ait apparu sur la tige principale (soit approximativement cinq semaines). Elles furent alors soumises à des traitements différents portant sur l'intensité lumineuse :

1. 30 p. 100 de la lumière du jour par ombrage ;
2. 70 p. 100 de la lumière du jour en serre ;
3. 20 p. 100 de la lumière du jour par ombrage en serre ;

et sur la température qui était élevée par chauffage de la serre de façon à ce qu'elle ne soit jamais inférieure à 24°, mais avec parfois des pointes beaucoup plus élevées.

Le transfert à une intensité lumineuse plus faible ou à une température plus élevée, en présence d'une intensité lumineuse affaiblie, a peu d'effet sur le système radiculaire, comparé à l'action d'une température élevée avec réduction sévère de l'intensité lumineuse. Dans ce dernier traitement, le cortex des racines existantes brunit, se rétrécit et se desquame, dans la partie proximale (la plus vieille) des racines, alors que la partie distale a un cortex intact. Les points végétatifs continuent à fonctionner mais forment des racines plus fines comprenant plus de cellules de dimensions plus faibles. On constate l'absence de lacunes dans l'écorce et dans le cylindre central la présence d'un nombre de groupes protoxylémiques plus faible (7 à 10) que chez les plantes maintenues à l'extérieur (10 à 12). Ces nouvelles racines sont faibles et ramifiées.

Un retour aux conditions initiales a pour résultat un accroissement du diamètre des parties en croissance chez les racines préexistantes et chez les nouvelles racines.

La combinaison d'une faible intensité lumineuse et d'une température élevée réduit le poids des racines et celui de l'appareil aérien, mais c'est sur

l'appareil radiculaire que l'effet est le plus marqué. Par contre, le retour à un éclairage normal et à des températures plus basses conduit à un accroissement plus important du poids des racines que de celui des touffes, de telle façon que le rapport racine-touffe excède celui des plantes cultivées de façon continue dans des conditions normales.

L'auteur discute ces effets dans leurs rapports avec la croissance des touffes et la nutrition. Dans les conditions normales d'éclairage au printemps et avec des températures fraîches, touffe et racines sont vigoureuses. Par contre l'ombrage et la chaleur ont un effet dépressif, car ces conditions nouvelles réduisent la photosynthèse et augmentent la respiration. Il en résulte un drainage important des réserves. Le retour aux conditions initiales a un effet inverse. Le poids des racines croît plus rapidement que celui des touffes. Alors qu'un ombrage à des températures élevées retardait la croissance de l'appareil radiculaire et le développement de nouveaux talles, le changement de milieu lève les deux inhibitions : la photosynthèse augmente, la respiration diminue.

P. Ja.

Wit (F.). — **A possible virus disease in** *Lolium perenne*. (Une maladie à virus probable chez *Lolium perenne*). *Euphytica*, **5**, 119-129, 1956.

Des symptômes pathologiques pour lesquels aucune cause valable ne pouvait être décelée, ont été observés dans les pépinières de l'auteur. Certains, apparaissant au début de la saison de croissance, sont caractérisés par un jaunissement des plantes accompagné d'un tallage anormal, avec apparition d'ondulations irrégulières ou allongées sur les feuilles ; d'autres, s'extériorisant plus tard, conduisent à un affaiblissement général des plantes.

Les essais de transmission de la « maladie » au moyen d'extraits de plantes malades n'ont pas donné de résultats. Par contre, l'hypothèse d'une transmission par les insectes a été vérifiée. Des pucerons élevés sur des individus anormaux des deux types sont capables d'infecter des céréales. Un essai de transfert de la « maladie » des céréales au raygrass anglais est en cours. Les plantes touchées provenaient de l'éclatage du reliquat de clones dont les plantes les plus vigoureuses avaient été utilisées pour l'établissement d'un « polycross ». Le rythme d'apparition et le mode d'extension de la « maladie » ont été étudiés sur des lignes de clone par estimation mensuelle de dégâts. En juin, 88 clones étaient attaqués, dont 32 présentant des symptômes nets. Par la suite, le pourcentage de clones touchés s'est accru et le nombre de clones sévèrement touchés est passé de 32 à 49.

Le foyer initial de la « maladie » a pu être localisé dans l'un des blocs d'un essai établi précédemment. L'auteur pense que les Graminées spontanées qui bordent ses parcelles d'isolement ont servi de réservoir de « virus ». L'analyse des caractères de résistance et de sensibilité a montré qu'ils étaient indépendants de l'âge des clones (c'est-à-dire du temps écoulé depuis leur première multiplication). Cependant les clones sélectionnés depuis moins longtemps paraissent apparemment plus sensibles. Les clones sains constituant une minorité, on peut penser que le caractère de résistance est rare.

Comme les auteurs américains signalent que le « yellow-dwarf » des céréales n'est pas transmissible au ray-grass d'Italie, si la maladie signalée par Wit peut être assimilée au « yellow-dwarf », ils ont expérimenté avec des plantes immunes, ce qui laisse l'espoir d'en trouver aussi chez le ray-grass anglais.

Des dégâts semblables à ceux décrits dans l'article ont été observés dans

les pépinières de plusieurs sélectionneurs de Graminées, mais n'ont jamais été signalés en parcelles ou au champ. Il est pourtant difficile d'admettre qu'une affection à laquelle des plantes seraient aussi sensibles ne puisse exister dans les gazons denses où les individus s'infectent d'année en année. En tout état de cause, tels qu'ils se sont présentés dans les pépinières de Wit, les dégâts peuvent compromettre un travail de sélection.

Si la « maladie » est vraiment cantonnée aux pépinières, le meilleur moyen de lutte est de maintenir celles-ci indemnes en n'y introduisant que des plantes saines. L'isolement des pépinières semble plus difficile à réaliser car un simple champ de blé peut être infesté par le « yellow-dwarf » et servir de réservoir de pucerons.

P. Ja.

7. Arboriculture fruitière.

Davison (J. R.). — **Prevention of frost damage in orchards and vineyards of the Murrumbidgee irrigation areas.** (Lutte contre le gel dans les vergers et les vignobles dans les régions irriguées du Murrumbidgee). *Agric. Gaz. N. S. W.*, **67**, 2, 76-81, 1956 et **67**, 3, 148-157, 1956.

Etude rapide des phénomènes qui conditionnent l'apparition du gel. Les termes : courants de convection, conduction, radiation sont définis et précisés. En particulier, l'accent est mis sur le fait qu'une terre labourée présente une surface libre et une radiation plus importantes qu'une terre non travaillée. Le mécanisme de l'accumulation de l'air froid dans les dépressions est rapidement exposé. L'importance du « point de rosée » est également mise en évidence.

L'exposé des échanges thermiques diurnes et nocturnes entre le sol et l'atmosphère permet d'insister à nouveau sur le fait qu'un sol non travaillé et humide constitue un volant de température plus efficace qu'un sol sec et travaillé. L'auteur précise la différence entre « niveau d'inversion » et « plafond ». Le niveau d'inversion est seulement lié aux conditions physiques du moment, alors que le plafond dépend également de la température critique de la plante à protéger.

C'est la couche d'air comprise entre 1 mètre et le plafond qu'il convient de chauffer artificiellement. En pratique, si le plafond est situé au-dessus de 8 mètres et si à 1 mètre on doit élever la température de plus de 4° pour avoir une bonne protection, il ne semble pas que le réchauffement soit économiquement réalisable.

L'auteur donne les températures critiques de différentes espèces fruitières au voisinage de la floraison.

On peut diviser les procédés utilisés contre les gelées en trois groupes :

— ceux qui sont liés à la conduite du sol ;

— ceux qui comportent l'utilisation d'appareils de réchauffage par combustion ;

— ceux qui obtiennent le réchauffage au moyen de « machines à vent » réalisant un brassage des basses couches de l'atmosphère.

En ce qui concerne la conduite du sol, le travail en surface augmente les risques de gel. De même, une différence de 2° en faveur du sol nu par rapport à un sol enherbé a pu être observée dans des parcelles voisines. Une ou deux irrigations, suivant la nature du sol, peuvent se montrer efficaces dans la lutte contre les gelées, juste avant la floraison.

Le chauffage par combustion de gaz-oil est étudié en détail : le nombre

de pots, le personnel nécessaires à l'unité de surface, le coût de l'opération sont évalués. Différents modèles de pots sont décrits, ainsi que trois dispositifs d'alarme basés sur l'utilisation de thermomètres à mercure.

En ce qui concerne les machines à vent, l'expérience américaine dans ce domaine est rappelée et l'auteur fait part des essais entrepris en Australie avec ce type d'appareil. Dans ce pays, l'utilisation de telles machines ne semble pouvoir être envisagée du point de vue économique que dans les vergers de Citrus.

J. H.

DERMINE (E.) et LIARD (O.). — **Identification et description de variétés du prunier européen.** Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 322 p., ill., 1957.

Les auteurs ont contribué à la mise au point d'une systématique scientifique des variétés de prunier par la recherche et l'étude de leurs caractères remarquables, en particulier ceux des fleurs, fruits et noyaux. Les meilleurs critères résident dans la présence ou l'absence de certains caractères ou encore dans la conformation de certains organes. Les dimensions relatives offrent beaucoup plus d'intérêt que les dimensions absolues, trop sous la dépendance de facteurs internes ou externes.

Les auteurs distinguent des critères de base absolument stables et des critères de contrôle soumis à certaines variations.

Pour la fleur :

Les critères de base sont : la pilosité (ovaire, style, faces du réceptacle et des sépales, pédoncule, pétales) ; les duplicatures de certains organes (gynécée, sépales, pétales) ; la forme du bord des pétales ; la couleur des anthères.

Les critères de contrôle sont surtout : la grandeur de l'inflorescence et le nombre de fleurs par bouquet ; la forme du bouton ; la couleur des pétales ; la position des pétales dans la corolle ; l'angle de base des pétales ; l'aspect du pédoncule floral ; la position du stigmate par rapport au plan des anthères.

Pour le fruit :

Les critères de base sont : la teinte du fruit ; la pilosité du pédoncule ; la pilosité du pôle pédonculaire.

Les critères de contrôle sont : les dimensions, le nombre de fruits au kg, la forme, l'aspect de l'épiderme, la pruine, l'époque de maturité, la chair, la forme, l'aspect et les dimensions du pédoncule.

Pour le noyau :

Les critères de base sont : vue de profil, la forme, l'allure des bords ventral et dorsal et du sillon latéral, la grandeur de l'angle pédonculaire ; vue de face, la forme, l'allure des bords latéraux.

Les critères de contrôle sont : les dimensions absolues, la troncature pédonculaire, la texture des faces latérales, la largeur de la zone ventrale, la largeur et la profondeur des sillons latéral et dorsal, l'angle des facettes de la zone ventrale.

33 variétés rencontrées en Belgique sont décrites.

Un classement dichotomique a été réalisé pour ces variétés. Cette clé, pour des raisons pratiques d'échantillonnage, ne prend en considération que les caractères des fruits et noyaux.

Lapins (K.) et Hornby (C. A.). — **Leaf measurements as a means of identification of peach varieties in nursery trees.** (Utilisation de mensurations foliaires pour l'identification des variétés de pêchers en pépinières). *Canad. J. agric. Sci.*, **36**, 6, 409-421, 1956. Illus. Bibl. 13.

Cette étude a été conduite dans le but de mettre au point une méthode permettant de reconnaître les variétés de pêchers dès la pépinière grâce aux caractéristiques biométriques des feuilles.

L'étude porta sur cinq variétés : *Elberta, Spotlight, Valiant, Vedette* et *Veteran,* examinées dans cinq pépinières commerciales : 2 dans la vallée d'Okanagan et 3 dans le Lower Mainland de la Colombie britannique, au cours des trois années consécutives 1951-1952-1953.

Une étude préliminaire permit de déterminer les 10 caractères les meilleurs pour l'identification. Ceux-ci furent étudiés sur des échantillons de 20 feuilles parfaitement saines, récoltées dans la seconde quinzaine de juillet. Une feuille par arbre était prélevée dans la zone comprise entre 45 et 60 cm du sol. 30 feuilles constituaient l'échantillon dont 20 étaient ensuite choisies au laboratoire.

Les caractères étudiés sont les suivants :

1. Longueur du limbe en cm ;
2. Largeur du limbe exprimée en p. 100 de la longueur ;
3. Distance de la base au point de largeur maximum du limbe, exprimée en p. 100 de la longueur ;
4. Angle à la base mesuré à 1,5 cm de la base du limbe ;
5. Angle apical maximum en degrés ;
6. Angle apical à 3 cm du sommet de la feuille en degrés ;
7. Longueur du pétiole en p. 100 de la longueur du limbe ;
8. Longueur du pétiole en mm ;
9. Glandes : total sur le pétiole et le limbe ;
10. Glandes sur le pétiole.

Les glandes furent comptées sur les feuilles fraîches, mais les mesures furent faites sur du matériel pressé et desséché.

Une analyse statistique basée sur l'utilisation du test F permettant de comparer pour chaque caractère la variance entre variétés et la variance à l'intérieur de la variété mit en évidence le peu de valeur pour l'identification :

— de la distance de la base au point de largeur maximum du limbe ;
— de la longueur du pétiole en mm ;
— du nombre de glandes sur le pétiole.

D'autre part, le nombre total de glandes, bien que de bonne valeur, ne fut pas utilisé. La suite du travail fut donc conduite avec cinq caractères.

L'analyse de la variance des résultats fut réalisée pour chacun des caractères sur le schéma d'un essai factoriel de 5 variétés répété 3 ans en 3 lieux différents. La signification statistique de chaque résultat est indiquée.

Il faut signaler que l'effet situation est souvent significatif et que l'effet interaction : année × situation est toujours significatif.

Pour essayer d'obtenir de meilleures indications, une étude statistique, toujours basée sur l'utilisation du test F, a été réalisée en ce qui concerne la partie du scion où il convient d'effectuer le prélèvement d'échantillons. Ce travail à permis de montrer que les feuilles de l'axe principal à l'aisselle desquelles partent les latérales n° 1 à 10 étaient les plus représentatives.

Au point de vue pratique, comme les arbres poussant en différentes situations peuvent montrer de grandes différences dans les valeurs absolues des mesures de feuilles alors que les valeurs relatives restent sensiblement les

mêmes, il est nécessaire de pouvoir utiliser ces valeurs relatives à peu près constantes.

Pour cela, il est indispensable de pouvoir reconnaître au moins une variété par d'autres moyens, de mesurer ses caractéristiques foliaires et d'en déduire par le calcul celles, probables, des variétés que l'on désire identifier.

J. H.

Morris (H. F.). — **The effect of temperature and rainfall on peach production in Northeast Texas.** (Effet de la température et de la pluviosité sur la production de pêches dans le Texas du Nord-Est). *Texas agric. exp. sta., progress report* **1709**, 8 p., 1954.

Ce rapport est consacré au compte rendu des résultats obtenus de 1951 à 1954 avec une collection de 130 variétés de pêchers plantés pendant l'hiver de 1948-1949. Ces résultats sont exposés année par année en fonction des conditions météorologiques de chaque année.

Une attention particulière est apportée à la satisfaction des besoins de froid des variétés. A ce propos, l'auteur considère qu'une température hivernale moyenne de 12,2°C apporte à la plupart des variétés un nombre suffisant d'heures à une température inférieure à 7,2°C. Le nombre d'heures de froid exigé est indiqué pour chacune des variétés de l'essai.

Le classement des variétés suivant le rendement moyen de 4 années place en tête les variétés suivantes :

1. *Veteran et Vedette*, 63 kg par arbre.
3. *Starking De licious*, 55 kg.
4. *Goldeneast*, 53 kg.
5. *Prairie Daybreak*, 50 kg.

Dans ces conditions particulières, *Dixired* a réalisé un rendement annuel moyen de 23 kg par arbre et *Redhaven* de 35 kg.

J. H.

Mosse (B.) and Scaramuzzi (F.). — **Observations on the nature and development of structural defects in the unions between pear and quince.** (Observations sur la nature et l'évolution des anomalies structurales dans les unions entre poirier et cognassier). *J. Hort. Sci.* **XXXI**, 1, 47-57, 1956.

Des études macroscopiques et microscopiques ont été poursuivies sur les zones d'union de la variété *Williams' Bon Chrétien*, greffée, à 15 ans et à 3 ans, sur deux séries de cognassiers porte-greffes « *A* » (*Angers*) et « *C* » (*Malling*), par les intermédiaires respectifs des variétés : *Williams, Beurré d'Amanlis, Fertility, Hessle, Beurré Hardy*. Les irrégularités structurales ont été observées dans la zone de base, entre poirier intermédiaire et cognassier. Dans tous les cas cités, elles sont moins développées sur « *A* » que sur « *C* » ; le facteur variétal du poirier intervient aussi, les meilleures unions ayant été obtenues, dans les cas envisagés, avec *Beurré Hardy*.

Les auteurs apportent de nouvelles données qui situent le point de départ des anomalies dans les plus anciennes parties du phloème d'un an ; elles comportent des cellules nécrotiques, isolées ou groupées, une intense prolifération des rayons médullaires dont les réactions aux colorants usuels sont singulières. Dans le cambium et le bois, les ruptures, notées sur bois d'automne, correspondent au niveau radial des nécroses libériennes.

En conclusion, l'extension de ces travaux à d'autres espèces et leur complément par une étude biochimique des constituants de l'écorce dans la zone de jonction des greffes sont envisagés.

B. S.

TABLE DES MATIÈRES DE L'ANNÉE 1957

MÉMOIRES ORIGINAUX

Auriau (P.). — Quelques données sur le climat du blé dans le Proche-Orient 5
Lignon (R.) et **Auriau (P.).** — Etude préliminaire sur les populations de blés cultivées dans le Proche-Orient 19
Rives (M.). — Etudes sur la sélection du colza d'hiver 61
Plonka (F.). — Les groupes géographiques de Lin 109
Lascols (X.). — Etude de quelques populations françaises de maïs précoce : essais de valeur hybride..... 139
Moule (C.). — La résistance au charbon nu chez l'avoine cultivée.... 159
Essad (S.). — La polyploïdie et ses aspects évolutifs en relation avec l'amélioration des plantes 199
Demarly (Y.). — Biologie et exploitation de la luzerne 247
Demarly (Y.). — Principaux aspects de la sélection des luzernes à la Station Centrale d'amélioration des plantes de Versailles..... 273
Picard (J.) et **Berthelem (P.).** — La féverole 287
Du Crehu (G.). — Le chou fourrager. Etude biologique. Problèmes variétaux 313
Cotte (A.). — Les sorghos fourragers 337
Cotte (A.). — Le tournesol-fourrage..... 349
Caudwell (A.). — Deux années d'études sur la flavescence dorée, nouvelle maladie grave de la vigne 359
Simonet (M.). — Hybrides interspécifiques et intergénériques..... 395
Chevalier (R.). — Echaudage chez les blés tendres et poids de mille grains..... 413

TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

(Les noms composés en caractères gras rappellent les mémoires originaux).

Ar-Rushdi (A. H.), 230.
Athwal (D. S.) and Watson (I. A.), 440.
Auriau (P.), 5.
Beyers (E.), 435.
Bosemark (N. O.), 431 et 433.
Britton (D. M.) and Hull (J. W.), 227.
Brown (C. M.) and Shands (H. L.), 432.
Brown (C. M.) and Weibel (R. O.), 437.
Cabezas de Herrera (E.), 238.
Caudwell (A.), 359.
Chevalier (R.), 413.
Coffman (F. A.), 232.
Cotte (A.), 337 et 349.
Du Crehu (G.), 313.
Cross (M. W.) and Glenday (A. C.), 231.
Curtis (J. J.), Brunson (A. M.), Hubbard (J. E.) and Earle (F. R.), 234.
Davison (J. R.), 448.
Demarly (Y.), 247 et 273.
Dermine (E.) et Liard (O.), 449.
Dexter (S. T.), 433.
Dickinson (A. G.) and Jinks (J. L.), 228.
Dijkshoorn (W.), 443.
Dijkshoorn (W.) and t'Hart (M. L.), 239.
Dowrick (G. J.), 227.
Essad (S.), 199.
Filewicz (W.) and Modlibowska (I.), 241.
Frey (K. J.) and Wiggans (S. C.), 437.
Fyfe (J. L.), 239.
Goodey (T.), 438.
Graham (B. F.), 230.
Green (J. O.), 444.
Green (J. O.) and Evans (T. A.), 240.
Grogan (C. O.) and Zuber (M. S.), 235.
Hardison (J. R.), 445.
Hayes (H. K.), Immer (F. R.) and Smith (D. C.), 228.
Honma (S.), 242.
Hooker (A. L.), 438.
Hughes (R.), 445.
Hutton (E. M.), 432.
Jackson (R. C.), 432.
Jain (H. K.), 228.
Jantti (A.) and Heinonen (R.), 240.
Jenkins (M. T.), Robert (A. L.) and Findley (W. R.), 235.
Jensma (J. R.), 242.
Kemp (A.) and t'Hart (M. L.), 230.
Kendall (M. G.) and Buckland (W. R.), 231.
Kiesling (R. L.) and Grafius (J. E.), 438.
Knott (D. R.) and Anderson (R. G.), 440.
Lake (J. V.), 242.
Lanza (F.), 442.
Lapins (K.) and Hornby (C. A.), 450.
Lascols (X.), 139.
Lebsock (K. L.) and Smith (G. S.), 233.
Lignon (R.) et **Auriau (P.)**, 19.
Longley (A. E.), 432.
Lonnquist (J. M.) and MC Gill (D. P.), 236.

Mitchell (K. J.), 232.
Mochizuki (A.) and Sueoka (N.), 229.
Morris (H. F.), 451.
Mosse (B.) and Scaramuzzi (F.), 451.
Moule (C.), 159,
Norman (J. T.) and Green (J. O.), 232.
Nyquist (W. E.), 442.
Owen (P. C.), 434.
Papadopoulos (D.), 239.
Picard (J.) et Berthelem (P.), 287.
Plonka (F.), 109.
Polo Poli, 236.
Prokofiev i Sobolev (A. M.), 237.
Provaglio (G.), 236.
Rataj (K.), 237.
Rives (M.), 61.
Sears (E. A.), Loegering (W. Q.) et Rodenhiser (H. A.), 441.
Shepherd (W.), 238.
Shimanskij (N. K.), 443.
Simonet (M.), 395.
Smith (G. S.), 440.
Soper (K.), 446.
Suneson (C. A.) and Ramage (R. T.), 439.
Thein (M. M.), 434.
Troughton (A.), 241.
Unrau (J.), Person (C.) and Kuspira (J.), 441.
Watson (I. A.), 440.
Whiteley (J. R.), Thomas (W. I.) et Johnson (I. J.), 442.
Wiggans (S. C.) and Frey (K. J.), 233.
Wiggin (H. C.), 441.
Wit (F.), 447.
Yen (D. E.) and Fry (P. R.), 243.

TABLE MÉTHODIQUE DES PUBLICATIONS ANALYSÉES

GÉNÉRALITÉS

I. — Cytologie.

Bosemark (**N. O.**). — Nouvelles recherches sur les chromosomes accessoires chez les Graminées 431
Britton (**D. M.**) et **Hull** (**J. W.**). — Instabilité mitotique chez *Rubus* 227
Brown (**C. M.**) **et Shands** (**H. L.**). — Croissance du tube pollinique, fécondation et premiers stades de développement de l'embryon chez *Avena sativa* 432
Dowrick (**G. J.**). — L'influence de la température sur la méiose 227
Hutton (**E. M.**). — Quelques effets de l'autopolyploïdie induite chez le trèfle blanc, *Medicago tribuloïdes* et *Lolium rigidum* 432
Jackson (**R. C.**). — Une nouvelle limite inférieure du nombre des chromosomes chez les végétaux 432
Jain (**H. K.**). — Effet d'une température élevée sur la méiose de *Lolium* : inactivation nucléolaire 228
Longley (**A. E.**). — L'origine des chromosomes B « raccourcis » du maïs.. 432

II. — Génétique.

Bosemark (**N. O.**). — Etude sur les chromosomes accessoires chez *Festuca pratensis*. V. Influence des chromosomes accessoires sur la fertilité et le développement végétatif 433
Dickinson (**A. G.**) et **Jinks** (**J. L.**). — Une analyse généralisée des croisements diallèles 228
Hayes (**H. K.**), **Immer** (**F. R.**) et **Smith** (**D. C.**). — Méthodes d'amélioration des plantes 228
Mochizuki (**A.**) et **Sueoka** (**N.**). — Etudes génétiques sur le nombre de plastes dans les stomates. I. Effets de l'autopolyploïdie chez la betterave sucrière 229

III. — Physiologie.

AR-Rushdi (**A. H.**). — L'emploi du phosphore radioactif en vue de préciser la pénétration du tube pollinique chez le tabac 230
Dexter (**S. T.**). — Rapports entre la teneur en eau et la formation de moisissures chez les semences de quelques graminées et de légumineuses à petites graines 433
Graham (**B. F.**). — Marquage du pollen de plantes ligneuses à l'aide d'isotopes radioactifs 230

Owen (**P. C.**). — Estimation rapide de la surface des feuilles des plantes cultivées 434
Thein (**M. M.**). — Etude des changements anatomiques et microchimiques survenant dans la tige de *Xanthium pennsylvanicum* et de leurs rapports avec le photopériodisme 454

IV. — Ecologie.

Kemp (**A.**) et **t'Hart** (**M. L.**). — La tétanie d'herbage chez les vaches laitières à la pâture 230

VI. — Statistique.

Kendall (**M. G.**) et **Buckland** (**W. R.**). — Dictionnaire de termes statistiques 231

VIII. — Techniques culturales.

Beyers (**E.**). — Alimentation en oligoéléments dans les vergers et les vignobles 435
Cross (**M. W.**) et **Glenday** (**A. C.**). — Resemis de pâtures à la volée et au semoir en lignes 231
Mitchell (**K. J.**). — L'influence des apports d'azote et d'eau sur la pousse des pâtures pendant l'été 232
Norman (**J. T.**) et **Green** (**J. O.**). — Rénovation de prairie permanente en zone accidentée. I. Travaux superficiels et semis 232

IX. — Technologie.

J. A. M. — Les séchoirs continus à grains 436

CULTURES SPÉCIALES

I. — Céréales.

Athwal (**D. S.**) et **Watson** (**I. A.**). — La résistance à *Puccinia graminis*, chez *Khapstein*, descendant du type *vulgare* de l'amidonnier *Khapli*. 440
Brown (**C. M.**) et **Weibel** (**R. O.**). — Etude des effets de bordure chez le blé d'hiver et l'avoine de printemps 437
Knott (**D. R.**) et **Anderson** (**R. G.**). — L'hérédité de la résistance à la rouille. I. Hérédité de la résistance à la rouille noire chez dix variétés de blé tendre 439
Knott (**D. R.**) et **Anderson** (**R. G.**). — L'hérédité de la résistance à la rouille. II. Hérédité de la résistance à la rouille noire chez six variétés supplémentaires de blé tendre 440
Lebsock (**K. L.**) et **Smith** (**G. S.**). — Hérédité des caractères de l'épi chez les hybrides de blés tétraploïdes. II. Pilosité du rachis, présence de barbes, ténacité de la glume, forme en massue et couleur du grain.. 233
Nyquist (**W. E.**). — Analyse monosomique de la résistance à la rouille noire chez une lignée de blé tendre provenant de *T. Timopheevi* .. 442

Sears (**E. A.**), **Loegering** (**W. Q.**) et **Rodenhiser** (**H. A.**). — Identification des chromosomes porteurs de gènes de résistance à la rouille noire chez quatre variétés de blé 441
Smith (**G. S.**). — Hérédité de la réaction à la rouille noire chez les hybrides interspécifiques de blés tétraploïdes. I. Allèles chez *Mindum* (*dicoccum*) × *Vernal* (*Durum*) 440
Suneson (**C. A.**) et **Ramage** (**R. T.**). — Etudes sur l'importance d'une maladie à virus, le « yellow-dwarf » 439
Unrau (**J.**), **Person** (**C.**) et **Kuspira** (**J.**). — Substitutions chromosomiques chez les blés hexaploïdes 441
Watson (**I. A.**). — Sources de résistance à la rouille noire du blé 440
Wiggin (**H. C.**). — Analyse monosomique de la résistance à la rouille noire et de la présence de barbe chez le blé *Kentana 52* 441
Coffman (**F. A.**). — Extension de l'avoine d'hiver vers le Nord par amélioration génétique et tests de résistance 232
Frey (**K. J.**) et **Wiggans** (**S. C.**). — Vitesses de croissance d'avoines issues de lots de semences à poids spécifiques différents 437
Frey (**K. J.**) et **Wiggans** (**S. C.**). — Etudes sur le tallage chez l'avoine. I. L'aptitude variétale au tallage 437
Goodey (**T.**). — Sensibilité variétale au nématode de la tige chez l'avoine. 438
Hooker (**A. L.**). — Etude des corrélations entre les divers symptômes du *Septoria avenae* sur diverses variétés d'avoine 438
Kiesling (**R. L.**) et **Grafius** (**J. E.**). — Variétés d'avoine résistantes à l'infection naturelle de *Leptosphaeria avenaria* 438
Wiggans (**S. C.**) et **Frey** (**K. J.**). — Etude du tallage chez l'avoine. II. Effet de la photopériode et de la date du semis 233
Curtis (**J. J.**), **Brunson** (**A. M.**), **Hubbard** (**J. E.**) et **Earle** (**F. R.**). — Effet de la pollinisation sur la teneur en matières grasses du grain de maïs. 234
Grogan (**C. O.**) et **Zuber** (**M. S.**). — Etude comparative de parents de croisements dans la sélection pour la valeur hybride du maïs 235
Jenkins (**M. T.**), **Robert** (**A. L.**) et **Findley** (**W. R.**). — Etudes génétiques de la résistance du maïs à *Helminthosporium turcicum* au moyen de translocations chromosomiques 235
Lanza (**F.**). — Méthode et facteurs intervenant dans le contrôle de la germination au froid du maïs 442
Lonnquist (**J. M.**) et **McGill** (**D. P.**). — Valeur de variétés synthétiques de maïs au cours de générations successives et après 2 cycles de sélection récurrente 236
Whiteley (**J. R.**), **Thomas** (**W. I.**) et **Johnson** (**I. J.**). — Incompatibilité de croisement chez le maïs 442
Polo Poli .— Essai de culture de riz arrosée par pluie artificielle 236
Provaglio (**G.**). — Destruction du panic par la cyanamide calcique 236

III. — Plantes textiles.

Prokofiev (**A. A.**) et **Sobolev** (**A. M.**). — Transformations subies par les composés phosphorés au cours de la maturation des graines de lin .. 237
Rataj (**K.**). — Emploi du M. C. P. A. pour le désherbage du lin à fibre .. 237
Shepherd (**W.**). — Anatomie de la tige de lin et finesse des faisceaux de fibre. 238
Shimanskij (**N. K.**). — Croisements intervariétaux et intravariétaux chez le lin à huile 443

V. — Légumineuses fourragères.

Cabezas de Herrera (**E.**). — Infection de la luzerne avec difiérentes souches de bactéries symbiotiques 238
Fyfe (**J. L.**). — Incompatibilité rationnelle chez des luzernes diploïdes et tétraploïdes 239
Papadopoulos (**D.**). — Luzerne *Medicago sativa* 239

VI. — Graminées fourragères.

Dijskhoorn (**W.**). — Note sur les relations entre cation et anion chez le ray-grass anglais 443
Dijkshoorn (**W.**) et **t'Hart** (**M. L.**). — Effet des variations de température sur la composition minérale (cations) du ray-grass anglais 239
Green (**J. O.**). — Présent et avenir des ray-grass anglais 444
Green (**J. O.**) et **Evans** (**T. A.**). — Utilisation en pâturage de cultures de variétés de graminées feuillues destinées à la production de semences. 240
Hardison (**J. R.**). — Rapport sur les méthodes de lutte contre le « blind-seed disease » utilisées en Orégon 445
Hughes (**R.**). — Production d'herbe de deux souches de ray-grass anglais. 445
Jantti (**A.**) et **Heinonen** (**R.**). — Effet de la défoliation et de l'humidité du sol sur la repousse des prairies 240
Soper (**K.**). — Effets d'un changement dans la luminosité et la température sur les racines de ray-grass anglais 446
Troughton (**A.**). — Les organes souterrains des Graminées fourragères .. 241
Wit (**F.**). — Une maladie à virus probable chez *Lolium perenne* 447

VII. — Arboriculture fruitière.

Davison (**J. R.**). — Lutte contre le gel dans les vergers et les vignobles dans les régions irriguées du Murrumbidgee 448
Dermine (**E.**) et **Liard** (**O.**). — Identification et description de variétés du pêcher européen 449
Filewicz (**W.**) et **Modlibowska** (**I.**). — La résistance au froid de la partie de l'arbre exposée au sud-ouest, facteur principal de la survie au cours des hivers critiques 241
Lake (**J. V.**). — L'influence de la température microclimatique sur la date de floraison chez le pommier 242
Lapins (**K.**) et **Hornby** (**C. A.**). — Utilisation de mensurations foliaires pour l'identification des variétés de pêchers en pépinières 450
Morris (**H. F.**). — Effet de la température et de la pluviosité sur la production de pêches dans le Texas du Nord-Est 451
Mosse (**B.**) et **Scaramuzzi** (**F.**). — Observations sur la nature et l'évolution des anomalies structurales dans les unions entre poirier et cognassier 451

VIII. — Plantes horticoles.

Honma (**S.**). — Un croisement interspécifique de Haricot 242
Jensma (**J. R.**). — Variétés de choux 242
Yen (**D. E.**) et **Fry** (**P. R.**). — L'hérédité de la résistance du pois au virus de la mosaïque jaune 243

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 18-7-1958.

Dépôt légal : 3e trimestre 1958 *N° d'impression : 1*